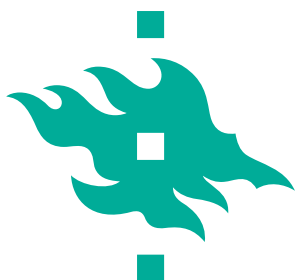




# PILKOTTUJEN TUOREKASVISTEN HYGIENIA: KIRJALLISUUSKATSAUS



RISTO KUISMA JA  
HANNA-RIITTA KYMÄLÄINEN

37

MAATALOUSTIETEIDEN LAITOS JULKAISUJA

HELSINGIN YLIOPISTO  
MAATALOUS-METSÄTIETEELLINEN TIEDEKUNTA



# **PILKOTTUJEN TUOREKASVISTEN HYGIENIA: KIRJALLISUUSKATSAUS**

**RISTO KUISMA JA HANNA-RIITTA KYMÄLÄINEN**

Helsinki 2015

MAATALOUSTIETEIDEN LAITOS | **JULKAISUJA** | 37

**Kirjoittajat:** **Risto Kuisma**  
Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos

**Hanna-Riitta Kymäläinen**  
Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos

**Kansikuva:** "Pilkotut kasvikset" © Risto Kuisma

**Valokuvat:** Risto Kuisma

**Yhteystiedot:** Maataloustieteiden laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto

ISBN 978-952-10-8904-6 (PDF)

ISSN 1798-744X (PDF)

ISSN-L 1798-7407

Sähköinen julkaisu osoitteessa <http://hdl.handle.net/10138/153124>

© 2015 Tekijät, Helsinki

Unigrafia

Helsinki 2015

# SISÄLLYS

<b>ESIPUHE</b>	<b>5</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>7</b>
<b>LYHENTEET JA KÄSITTEET</b>	<b>9</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>11</b>
1.1 TUOREKASVISTEN LAADUN KOKONAISUUS	11
1.2 TUOREKASVISTEN KONTAMINAATIO	12
1.3 TUOREKASVISTEN MIKROBIOLOGINEN LAATU JA SIIHEN VAIKUTTAMINEN	13
1.4 KATSAUKSESSA TARKASTELTAVAT KASVIKSET	15
<b>3 TUOREKASVISTEN VARASTOINTI, PAKKAAMINEN JA SUOJAKAASUN YHTEYS KASVISTEN LAATUUN</b>	<b>23</b>
3.1 PAKKAAMINEN JA VARASTOINTI TUOREKASVIKSEN LAADUN HALLINNASSA	23
3.2 PORKKANA	23
3.3 LANTTU	27
3.4 PUNAJUURI	27
3.5 SALAATTI	28
3.6 TOMAATTI	29
3.7 KURKKU	30
3.8 PAPRIKA	31
3.9 SIPULI	32
3.10 IDUT	34
<b>4 ERILAISTEN KÄSITTELYJEN VAIKUTUS TUOREKASVISTEN LAATUUN</b>	<b>36</b>
4.1 HAPOT	36
4.1.1 Peretikkahappo	36
4.1.2 Sitruunahappo ja maitohappo	37
4.2 VETYPEROKSIDI	38

<b>4.3 OTSONI</b>	39
<b>4.4 ELEKTROLYSOITU VESI (EO)</b>	42
<b>4.5 LÄMPÖKÄSITTELY</b>	44
<b>4.6 UV-VALO</b>	47
<b>4.7 KORKEA PAINE</b>	50
<b>4.8 MUUT FYSIKAALISET JA MEKAANISET MENETELMÄT</b>	53
4.8.1 Pulssitettu sähkökenttä	53
4.8.2 Fotokatalyysi	53
4.8.3 Ultraääni	54
4.8.4 Leikkaaminen ja muut mekaaniset käsittelyt	54
<b>5 KIRJALLISUUS</b>	56
<b>LIITE 1. KOONTITÄULUKOITA TUOREKASVISTEN TUTKIMUKSISTA</b>	79
<b>LIITE 2. ERI HYGIENISOINTIMETELMIEN OMINAISUUKSIA</b>	92
<b>LIITE 3. KASVIKSET RUOKAMYRKYTYKSIEN AIHEUTTAJINA</b>	101
<b>LIITE 4. KOTIMAISIA KASVISALAN HANKKEITA</b>	104

# ESIPUHE

Tähän kirjallisuuskatsaukseen on koottu tietoa tuorekasvisten laatuun liittyvistä tekijöistä. Katsaus on tarkoitettu tuomaan taustatietoa ensisijaisesti kasviksia prosessoiville sekä välittävälle yrityksille, mutta toivomme tekstin palvelevan myös muita asiasta kiinnostuneita.

Katsauksessa tarkastellaan seuraavia kasviksia: porkkana, lanttu, punajuuri, salaatti, tomaatti, kurkku, paprika, sipuli, purjosipuli ja idut. Tuorekasviksia on kokonaisuutena tutkittu erittäin runsaasti, ja rajallinen katsaus sisältää vain murto-osan saatavilla olevasta tutkimuskirjallisuudesta. Eri kasviksia on tutkittu hyvinkin eri laajuudessa ja osin myös eri näkökulmista. Juureksista esimerkiksi porkkanaa on tutkittu erittäin paljon, lanttua ja punajuurta vain vähän. Porkkanatutkimuksista liitetaulukkoissa esitettävät yksityiskohdat valottavat esimerkkeinä aihepiirin tutkimusten moninaisuutta.

Tarkastelun kohteena on pääasiassa prosessoitu, tuore kasvis. Kuumentaminen tuhoaa mikrobeja ja vaikuttaa tuotteiden säilymiseen ja hyllyykään. Tuore, prosessoitu kasvis on herkkä pilaantumaan, koska tuotteissa on runsaasti pinta-alaa ilman suojaavaa kuorta. Olemme pyrkineet mahdollisuuksien mukaan kuvaamaan kasviksia esimerkiksi kuorimisen ja pilkkomisen osalta, mutta koska kasviksia ei ole monissa tutkimusjulkaisuissa kuvattu yksityiskohtaisesti, rajanveto kokonaisen ja käsitellyn kasviksen välillä ei ole tutkimuksissa aina kovin selkeä. Osin tietoa on saatavana lähinnä kokonaisista kasviksista. Emme käsittele alkutuotantoa, kuten viljelyä ja korjuuta. Myös mikrobipatogeenien aiheuttamat varastotaudit on teemaan laajuuden vuoksi pääosin rajattu pois tarkastelusta.

Katsaus painottuu erityisesti mikrobiologiseen laatuun, säilyvyyteen sekä joihinkin hygienisointitekniikoihin eli käsittelymenetelmiin. Näistä tarkastellaan tarkemmin seuraavia: hapot, vetyperoksidi, otsoni, elektrolysoitu vesi, lämpökäsittely, UV-valo sekä korkea paine. Liitteen 2 taulukossa on esitetty kootusti lukuisten eri käsittelymenetelmien ominaisuuksia. Selvästi Suomeen lainsäädännön vuoksi sopimattomat hygienisointitekniikat, kuten säteilytys ja kloorikäsittely, on jätetty pois laajemmasta tarkastelusta. Näitä menetelmiä on kuitenkin kansainvälisesti tutkittu varsin paljon. Klooraus on kansainvälisesti ottaen selkeästi käytetyimpiä tuorekasvisten käsittelymenetelmiä ja se on useissa tutkimuksissa mukana ainakin vertailukohtana muille menetelmille. Huomattakoon, että myös elektrolysoidussa vedessä on hieman klooria. Myös niin sanotut luonnolliset säilöntäaineet on jätetty pois tarkastelusta, vaikka niitä on tutkittu varsin paljon. Luvussa 4.8 esitellään porkkanatutkimusesimerkkien avulla joitakin harvoin tutkittuja käsittelymenetelmiä. Kaikkien katsauksessa esiteltävien käsittelymenetelmien osalta tulee muistaa, että tavoitteemme on tuoda lisätietoa aihepiiristä ja esitellä eri tutkimuksiin sisältyneitä käsittelymenetelmiä, joiden käytäntöön tai Suomen olosuhteisiin soveltuvuuteen ei ole mahdollista tässä katsauksessa ottaa selkeää kantaa. Hyvien toimintakäytäntöjen osalta suosittelemme perehtymään ”Hyvän käytännön ohje tuorekasviksia pilkkoville yrityksille” –ohjeeseen”. Emme ota tässä katsauksessa kantaa myöskään hyllyiän kannalta ”oikeisiin” mikrobiologisiin raja-arvoihin. On kuitenkin tarpeen todeta, että raja-arvot vaihtelevat jonkin verran eri maiden ja eri tutkimusten välillä.

Kasviksista muun muassa ulkomaiset pakastemarjat, pilkotut tai raastetut koti- ja ulkomaiset salaattit, porkkanat, punajuuret, kaali, sipuli ja idut ovat olleet Suomessa epidemian välittäjäelintarvikkeita tai niitä on epäilty tällaisiksi. Kasviksiin liittyviä epidemioita on käsitelty aiemmin muun muassa eräässä lehtiartikkelissamme<sup>1</sup> (liite 3). Suomessa kasviksia on tutkittu varsin monipuolisesti eri vuosikymmenien ajan viljelystä ja kasvinsuojelusta kasvien prosessointiin ja tuotteeksi asti. Myös kasvien laatua ja työturvallisuutta vihannesalalla on tutkittu. Kasvisalaan liittyvien kotimaisten tutkimushankkeiden listaus on liitteessä 4.

Katsaus on toteutettu osana ”Tuorekasvien turvallisuuden parantaminen (TUOPRO)” -hanketta, joka toteutettiin MTT:n, Helsingin yliopiston, ProAgrian ja Mikkelin ammattikorkeakoulun (Mamk) yhteistyönä. Hanke oli Manner-Suomen kehittämisohjelman valtakunnallinen hanke. Hanketta rahoitti Hämeen ELY-keskus. Tutkimushankkeen tavoitteena oli tuorekasvien laadun varmistaminen sekä kotimaisten kasvien tuotannon turvaaminen. Kiitämme kaikkia hankkeen osapuolia ja kumppaneita hyvästä yhteistyöstä.



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

---

<sup>1</sup> Kuisma, R. & Kymäläinen, H.-R. 2013. Kasvikset ruokamyrkytyksien aiheuttajina. Elintarvike ja Terveys 27, 3: 58-60.



# TIIVISTELMÄ

Kirjallisuuskatsaus sisältää koottua tietoa tuorekasvisten, erityisesti pilkotujen tuotteiden laatuun liittyvistä tekijöistä. Tuorekasviksen laatua kuvaavat ulkonäköön, makuun, ravintoarvoon, tuntuun ja turvallisuuteen sekä laatuarvoihin liittyvät tekijät. Tuorekasvisten laatuun voidaan vaikuttaa alkutuotannon jälkeen mm. raaka-ainevalinnoilla, fysikaalisilla ja kemiallisilla käsittelyillä, pakkaamisella (kaasut ja pakkausmateriaalit) sekä varastointiolosuhteilla.

Tuorekasviksia on kokonaisuutena tutkittu kansainvälisesti erittäin runsaasti. Katsauksessa tarkastellaan erityisesti mikrobiologista laatua ja säilyvyyttä sekä hygienisointitekniikoista happoja, vetyperoksidia, otsonia, elektrolysoitua vettä, lämpökäsittelyä, ultraviolettivaloa ja korkeaa painetta. Lisäksi esitellään muutama vähän tutkittu fysikaalinen käsittelymenetelmä. Uusimmat tutkimukset painottuvat yhä enenevässä määrin yhdistelmätekniikoihin, toisin sanoen erilaisten käsittelymenetelmien yhdistämiseen samanaikaisesti tai peräkkäin. Esimerkkikasviksina katsauksessa ovat porkkana, lanttu, punajuuri, salaatti, tomaatti, kurkku, paprika, sipuli, purjosipuli ja idut. Katsaukseen on koottu tietoa eri tutkimuksista, mutta työssä ei oteta suoraan kantaa eri käsittelymenetelmien käyttökelpoisuuteen Suomen olosuhteissa.

Hyvälaatuisissakin kasviksissa on mikrobeja ns. normaalifloorana. Tutkimuksissa tarkastellaan tyypillisesti joko normaaliflooran mikrobeja, tiettyjä patogeeneja tai molempia. Käytännössä mikrobeja on yleensä sekä kasvoksen pinnalla että sisällä, mutta tutkimuksissa etenkin patogeenimikrobit on usein siirrostettu vain kasvoksen pinnalle. Mikrobimäärien kasvu liittyy usein kasvoksen pilaantumiseen ja laadun heikkenemiseen. Normaali mikrobifloora saattaa jossain määrin vähentää patogeenien elinmahdollisuuksia kasviksissa, mikä tulee muistaa, jos jollakin käsittelyllä halutaan vähentää kasvisten mikrobimäärää.

Katsauksessa tarkasteltavilla hygienisointitekniikoilla on usein saatu vähennetty kasvisten normaaliflooraa tai patogeeneja, mutta vaikutukset vaihtelevat suurestikin eri kasvisten, mikrobien ja käsittelytapojen osalta. Yleensä hygienisointikäsittelyt eivät tuhoa mikrobeja kasviksesta kokonaan, vaikka joitakin poikkeuksiaikin on todettu. Vaikka käsittelyllä saataisiin vähennettyä mikrobimäärää, mikrobit usein lisääntyvät, kun kasvista käsittelyn jälkeen varastoidaan. Eri hygienisointitekniikoiden vaikutuksiin tuottavat suuriakin eroja käsiteltävä kasvis (myös lajike), kasvoksen pilkontatapa, tutkittava mikrobi (myös määrä ja siirrostustapa kasvikseen) sekä hygienisointikäsittelyn kesto-aika, voimakkuus (teho, pitoisuus), lämpötila, kosteus, paine, pH ja toteutusmenetelmä. Suojakaasupakkaamisessa keskeistä on pakkauskalvon ja kaasukoostumuksen valinta sekä ympäröivien olosuhteiden kuten lämpötilan ja suhteellisen kosteuden hallinta. Käytännön tuotanto-olosuhteissa kaikkien vaikuttavien tekijöiden seuraaminen ja ylläpitäminen on usein haasteellista. Mikrobiologisen laadun lisäksi hygienisointikäsittelyt vaikuttavat hyvinkin vaihtelevalla tavalla kasvoksen ravitsemukselliseen tai aistinvaraiseen laatuun. Minkään katsauksessa esitellyn käsittelyn osalta ei siis voida esittää yksiselitteistä, yleispätevää vaikutusta tuorekasvisten laatuun. Kussakin tilanteessa tulee punnita käsittelyjen tavoite, hyödyt, haitat, käytännön toteutusmahdollisuudet ja kustannukset sekä lainsäädännön tilanne.

Tuorekasviksen hyllyikää määrittävät osaltaan kasviksen alkuperäiset mikrobit, mutta erityisesti myös mikrobien kasvua suosivat olosuhteet ja muut tekijät. Hyllyiän hallinnassa keskeisiä ovat kylmäsäilytys ja -ketju (olosuhteet ja niiden pysyvyys), puhtaus ja tuotantohygienia sekä nopea käsittelyprosessi ja -ketju. Mikrobiologisen laadun rinnalla tai sijasta hyllyikää rajoittavat usein aistinvaraisen laadun muutokset sekä muut laatutekijät. Hyllyiän kriteereihin ja raja-arvoihin viitataan katsauksessa siten kuin ne on eri tutkimuksissa esitetty.

# LYHENTEET JA KÄSITTEET

ATP – adenosiinitrifosfaatti

COD – kemiallinen hapenkulutus (chemical oxygen demand)

EVA – eteenivinyyliasetaatti

L\*, a\*, b\* - väriarvot värimittauksessa (L\* vaaleus, a\* punaisuus-vihreys, b\* keltaisuus-sinisyys)

LDPE (PE-LD) – LD-polyeteeni (LD – low density)

MAP – suojakaasupakkaaminen (modified atmosphere packaging). Aktiivinen MAP tarkoittaa, että pakkausmateriaali on tietyllä tavalla kaasuja läpäisevä tai pakkaukseen on liitetty kaasukoostumukseen vaikuttava komponentti, minkä johdosta pakattu tuote hengittää. Passiivinen MAP tarkoittaa, että kun kasvis pakataan, se happea kuluttaessaan ja hiilidioksidia tuottaessaan luontaisesti muuttaa ympäröivää kaasukoostumusta.

mesofiili – mikrobi, jonka optimikasvulämpötila on yleensä välillä 20 - 45 °C

ORP – hapetuspelkistyspotentiaali, redox-potentiaali: sähköinen potentiaali, joka tarvitaan elektronien siirtämiseksi aineesta toiseen (hapettimesta pelkistimeen)

PE – polyeteeni

pmy – pesäkkeen muodostava yksikkö

PP – polypropeeni

ppm – suhdeluku, joka ilmaisee, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostakin (parts per million)

psykrotrofi – viileähakuinen mikrobi

PVC – polyvinyylikloridi

RH – ilman suhteellinen kosteus (relative humidity)

SEM – pyyhkäislyelektronimikroskooppi

tokoferoli – E-vitamiini

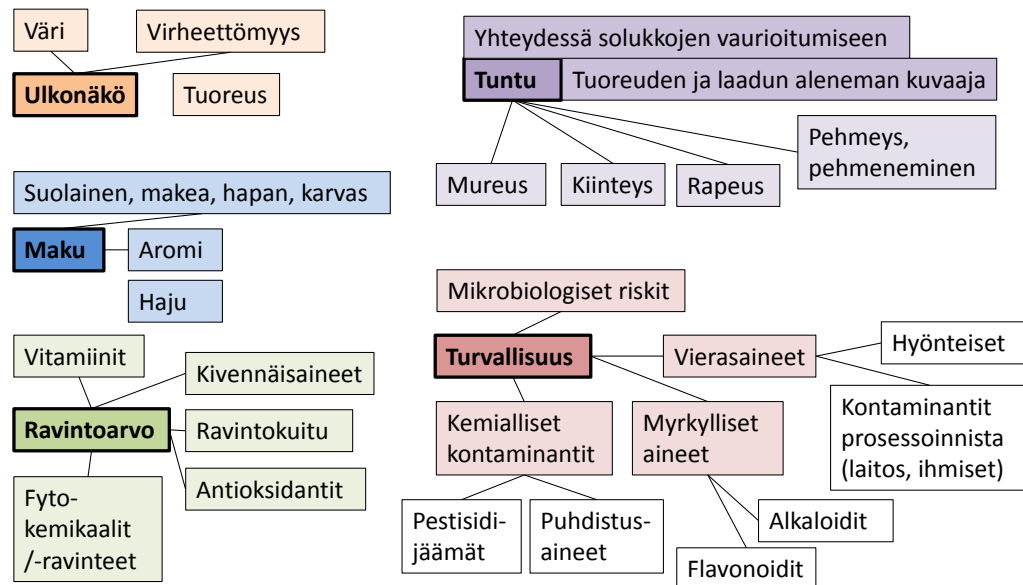
UV – ultravioletti(valo)

# 1 JOHDANTO

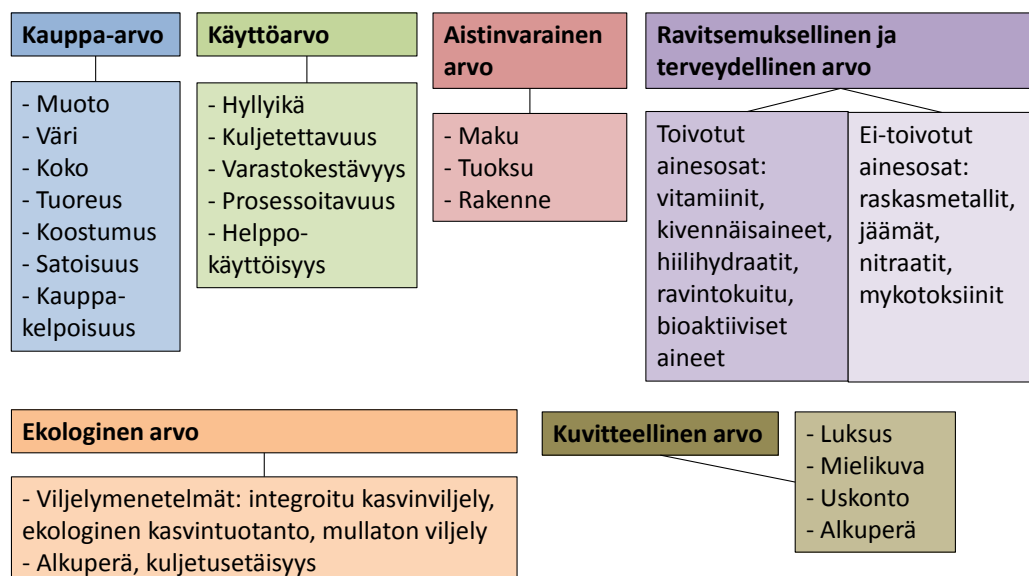
## 1.1 TUOREKASVISTEN LAADUN KOKONAISUUS

Tuorekasviksen laatu koostuu ulkonäköön, makuun, ravintoarvoon, tuntuun sekä turvallisuuteen liittyvistä tekijöistä (kuva 1). Tuorekasvisten laatua voidaan tarkatella myös laajemmasta näkökulmasta, kuuden arvon kannalta (kuva 2). Viljelyvaiheen kannalta tärkeitä laatutekijöitä ovat myös satoisuus ja kauppakelpoisuus.

Laatu tarkoittaa määritelmällisesti tuotteen ominaisuuksia, jotka vastaavat tiedettyihin tai oletettuihin tarpeisiin. Viitatessaan tähän perinteiseen laadun määritelmään Rosenfeld (1999) totesi, että laadulla on subjektiiviset ja objektiiviset elementit. Mikrobiologinen laatu tarkoittaa yleensä objektiivista, mitattua laatuominaisuutta. Osa objektiivisista ja subjektiivisista kriteereistä on yhteydessä toisiinsa (Simon ym. 1980, Talcott ym. 2001, Toivonen ja Brummell 2008).



**Kuva 1** Aistinvaraiseen ja ravitsemukselliseen laatuun sekä turvallisuuteen liittyvät tuorekasvituotteiden laadun osatekijät (Francis ym. 2012, muokattu).



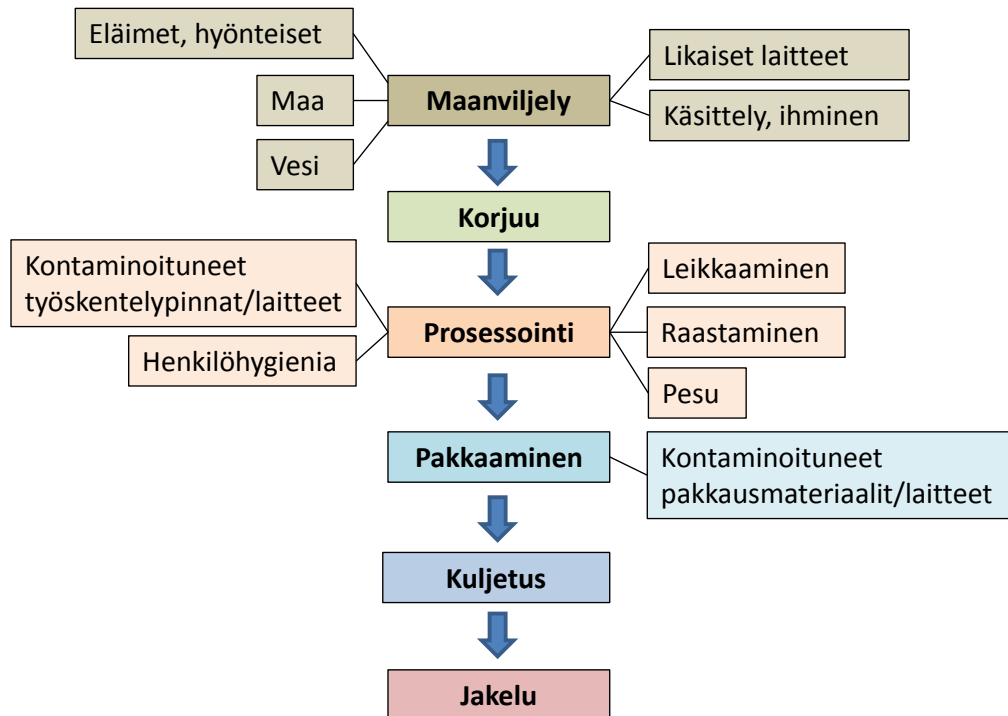
**Kuva 2** Tuorekasvituotteiden laatuarvot ja niiden laatuksiteerit (Gruda 2005, muokattu ja täydennetty)

## 1.2 TUOREKASVISTEN KONTAMINAATIO

Kontaminaatio voi olla fysikaalista, kemiallista, biologista tai mikrobiologista. Taulukossa 1 on esimerkkejä porkkanatutkimuksissa käsitellyistä kontaminaatioista. Osa kontaminanteista voidaan luokitella vierasaineeksi. Tuorekasvituote voi kontaminoida tuotantoketjun eri vaiheissa (kuva 3).

**Taulukko 1** Esimerkkejä erilaisista kontaminaatiotyypeistä porkkanaa ja sen tuotantoa käsittelevissä tutkimuksissa.

Kontaminaatiolaji	Esimerkki kontaminaatiosta
Fysikaalinen	Radioaktiivisuus Hiekka
Kemiallinen	Raskasmetallit, metallit Nitraatti ja nitriitti Dioksiinin kaltaiset yhdisteet Sulfonaatit, etoksylaatit, polysykliset aromaattiset hiilivedyt, ftalaatit Suola(isuus) Pestisidijäämät Antibioottijäämät
Biologinen	Alkueläimet Sukkulamadot, loiset
Mikrobiologinen	Bakteerit, sienet, virukset



**Kuva 3** Tuorekasvituotteen kontaminoituminen (Francis ym. 2012, muokattu).

Myös kasvien käyttövaihe on tärkeä kontaminoitumisen ja epidemoiden ehkäisemisessä. Kirklandin ym. (2009) tutkimuksessa selvitettiin tomaattien käsittelytapoja 449:ssä USA:n ravintolassa. Tomaattien käsittelyssä, kuten leikkuulautojen hygieenisessä käytössä ja käsinien havaittiin useita puutteita. Vaikka tomaatit yleensä pestiin juoksevilla vedellä, moni liotti niitä seisovassa vedessä. Pesuvien lämpötila ei ollut kaikissa tapauksissa asianmukainen, ja suunnilleen puolet tutkituista tomaateista oli liian lämpimiä. Lisäksi eri-ikäisiä pilkottujen tomaattien erä ei tulisi yhdistää keskenään.

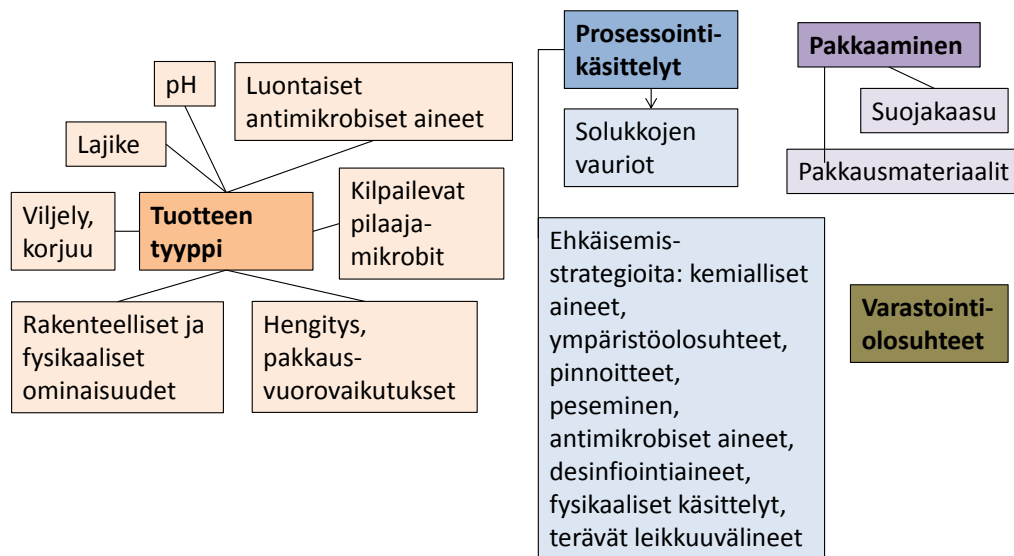
### 1.3 TUOREKASVISTEN MIKROBIOLOGINEN LAATU JA SIIHEN VAIKUTTAMINEN

Suuri osa tässä katsauksessa tarkasteltavista tekijöistä ja näkökulmista kuuluu Francisin ym. (2012) esittämään kokonaisuuteen mikrobiologisen laadun tekijöistä (kuva 4). Tuorekasvien laatua voidaan ylläpitää esimerkiksi valitsemalla sopiva raaka-aine (mm. lajike, kypsyysaste, mikrobiologinen laatu) sekä terävien leikkuuvälineiden, kemiallisten käsittelyaineiden, suojakaasu ympäristön, pakkaustekniikoiden ja varastointilämpötilan avulla. Kasviksen pilaantumiseen ja laadun heikkenemiseen liittyy usein mikrobimäärien suureneminen. On kuitenkin hyvä muistaa, että hyvälaatuisissakin kasviksissa on mikrobeja. Normaali mikrobifloora saattaa jossain määrin vähentää patogeenien elinmahdollisuuksia kasviksissa (Carlin ym. 1996).

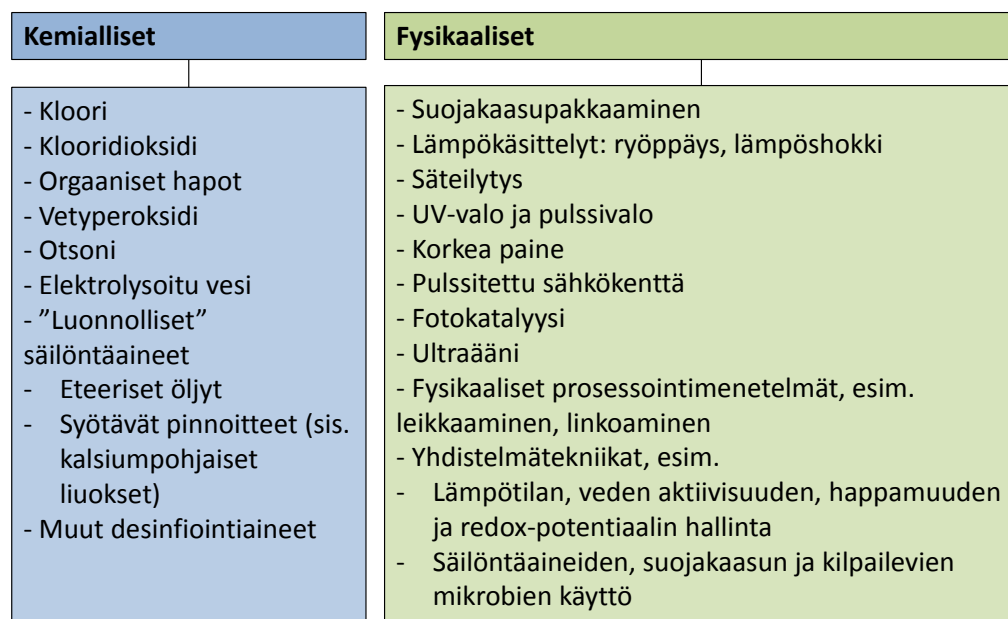
Tuorekasvien laatuun voidaan vaikuttaa useilla kemiallisilla ja fysiikaalisilla keinoilla (kuva 5). Jaottelu ei ole kaikilta osin yksiselitteinen. Esimerkiksi kalsiumpohjaiset liuokset voitaisiin sisällyttää ”luonnollisten” säilöntäaineiden lukuun, koska osa syötävistä pinnoitteista sisältää näitä ai-

neita. Termiä "luonnolliset säilöntäaineet" käytetään tutkimuksissa yleisesti, minkä vuoksi se on otettu mukaan kuvaan 5. Termi ei kuitenkaan ole yksiselitteinen eikä sitä tule käsittää hyvyyden synonyyminä. Hygienisointimenetelmien ominaisuuksia on esitetty kootusti liitteen 2 taulukoissa.

Yhdistelmätekniikoita (engl. "hurdle techniques") ei esitetä tässä katsauksissa omana lukunaan. Useissa tutkimuksissa on selvitetty samanlaisesti monia vaikuttavia muuttujia, joiden yhdistelmät ovat erittäin moninaiset. Tutkimuksissa käsittelymenetelmiä on silti vain harvoin nimitetty yhdistelmätekniikoiksi.



**Kuva 4** Tuorekasvisten laatuun sekä patogeenien selviytymiseen ja kasvuun vaikuttavia tekijöitä (Francis ym. 2012, muokattu ja täydennetty).



**Kuva 5** Dekontaminaatiotekniikoita ja laadun hallintakeinoja tuorekasviksille (Rico ym. 2007a, muokattu ja täydennetty).



## 1.4 KATSAUKSESSA TARKASTELTAVAT KASVIKSET

**Porkkana** Porkkana (*Daucus carota*) on ollut vuosikymmenten ajan yleinen tuorekasvisten tutkimuskohde (kuva 6). Sekä laboratorio- että kenttä-tutkimuksissa on keskitytty lukuisiin eri mikrobeihin, joista yleisiä ovat muun muassa *Yersinia*, *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Salmonella* ja *Listeria*. Lisäksi tutkimuksissa on hyvin yleisesti mitattu kokonaisbakteereja, psykrotofisia ja mesofiilisiä aerobisia bakteereja sekä hiivoja ja homeita. Eviran raportin (Hallanvuo ja Johansson 2010) mukaan Suomessa on ollut porkkanaraasteeseen liittyviä *Y. pseudotuberculosis* -epidemioita vuosina 2003-2008. Euroopassa ihmisten sairastapaukset ovat harvinaisia Suomea lukuun ottamatta, ja ympäristönäytteistä on pystytty eristämään *Y. pseudotuberculosis* muualla Euroopassa vain harvoin (Hallanvuo ja Johansson 2010). Myös FAO/WHO:n (2008) raportissa Suomi mainitaan ainoana *Y. pseudotuberculosis*in yhteydessä.



**Kuva 6** Kokonaista ja pilkottua porkkanaa.

**Lanttu** Lanttu ja rapsi ovat *Brassica*-suvun *napus*-lajin eri alalajeja (Puutarhaliitto 2012). Lanttu (kuva 7) on mahdollisesti kaalin ja rypsin/nauriin lajiristeymä (Voipio 2001). Lanttua koskevien epidemioiden määrä on vähäinen ja mikrobit olivat tutkimuksissa esillä lähinnä kasvitautien aiheuttajina. Lanttu on mainittu eräänä kasvisperäisen nitraatin ja nitriitin lähteenä, jota sen vuoksi tulee välttää imeväisikäisten ruoassa (Hasunen ym. 2004).



**Kuva 7** Lanttu kokonaisena ja pilkottuna.

**Punajuuri** Punajuurta eli punajuurikasta (*Beta vulgaris* subsp. *Vulgaris* var. *conditiva*, kuva 8) viljellään Suomessa ensisijaisesti säilykepunajuurten valmistamiseksi, mutta myös tuoreena myytäväksi (Voipio 2001). Eri punajuurilajikkeita ovat vertailleet mm. Persson (1987) ja Magnusson (1990). Punajuuri on aiheuttanut joitakin epidemioita, ja punajuuresta on myös tunnistettu eri patogeeneja. Punajuurta on käytetty perinteisesti kypsennettynä, mutta nykyään sitä käytetään myös tuoreena. Epidemioiden johdosta Evira (2012) antoi kuitenkin ohjeen käyttää punajuurta vain kypsennettynä. Hyllykää ja varastointikestävyyttä koskevia tutkimuksia löytyi muutama, mutta hygienisointitekniikoita ei ole punajuuren käsittelemiseksi juurikaan tutkittu. Keskeinen punajuuren tutkimuksissa esille noussut laatuominaisuus on nitraattipitoisuus. Mikrobiologisten laatuksien sekä nitraatin lisäksi muun muassa väri on tärkeä punajuuren laatuksien kriteeri (Osornio ja Chaes 1998, Gasztonyi ym. 2001). Myös terveysvaikutteisiin komponentteihin on kiinnitetty huomiota (Kujala ym. 2000).



**Kuva 8** Punajuuri kokonaisena ja pilkottuna.

**Salaatti** Nykyään ruokasalaattia (*Lactuca sativa* L.) viljellään kaikissa maanosissa ja kaikilla ilmastovyöhykkeillä. Suomessa salaattia on viljelty tiettävästi 1600-luvulta lähtien (Voipio 2001). Tuoresalaattien aineksina käytetyistä vihanneksista ruokasalaatit ovat maailmassa yleisimmin viljeltyjä. Syynä tähän on niiden nopeakasvuisuus, monimuotoisuus ja kyky sopeutua erilaisiin kasvuoloihin. Ruokasalaateista tunnetaan kuusi erilaista tyyppiä: parsasalaatti, sidesalaatti, lehtisalaatti, rapea ja pehmeä keräsalaatti sekä latinasalaatti. Sidesalaattia nimitetään myös roman- tai romainesalaatiksi (Ryder 1998). Pilkottuja salaatteja myydään myös sekoituksina

(kuva 9). Salaatin ruskistumista ja kiinteyden vähenemistä pidetään kriittisinä laadun heikkenemisen kriteereinä. Rapeus on tärkeä laatuominaisuus, koska kuluttajat yhdistävät sen tuotteen tuoreuteen (Fillion ja Kilcast 2002).



**Kuva 9** Salaattisekoitus.

**Tomaatti** Tomaatti (*Solanum lycopersicum*) on yksivuotinen koisokasvien (*Solanaceae*) heimoon kuuluva kasvi, joka on lähtöisin Perusta ja Chilestä (kuva 10). Tomaattia alettiin Euroopassa arvostaa syötävänä tuotteena vasta 1800-luvun alussa. Suomessa tomaattia on viljelty 1870-luvulta asti, mutta tomaatin käyttö yleistyi meillä vasta toisen maailmansodan jälkeen (Voipio 2001). Yksi suurimmista tomaatin kauppakelpoisuuden vähentäjistä on latvamäta. Latvamäta on fysiologinen kasvuhäiriö tomaatin hedelmässä. Jos varastossa on latvamätaisia tomaatteja, ne voivat aiheuttaa varastohävikkiä sienitautien kautta (Guichard ym. 2001, Peet 2005). Latvamäta voi syntyä joko osmoottisen stressin seurauksena, korkean suola- tai ravinnepitoisuuden (Adams ja Ho 1989, Ho ja Adams 1989a) tai kuivuusstressin takia (Pill ja Lambeth 1980). Kuljetuksen ja säilyvyyden kannalta tomaattien pysyminen kiinteänä on tärkeä tekijä (Murmman 1996). Hedelmän laatuominaisuuksia ovat ulkonäkö (väri, koko, muoto, fysiologisten häiriöiden puute ja pilaantumisaste), kiinteyden, rakenne, kuiva-ainepitoisuus sekä maku- ja terveystoiminnat. Kiinteyteen, rakenteeseen ja makuun vaikuttavat haihtuvat aromiyhdisteet, sokerit ja hapot. Terveystoiminnuksiin vaikuttavat puolestaan mineraalit, vitamiinit, karotenoidit ja flavonoidit (Stevens ym. 1979, Hobson ja Bedford 1989, Malundo ym. 1995). Tomaatin laatuominaisuuksiksi on mainittu myös mm. hedelmälähisyys, makeus ja mehukkuus (Auerswald ym. 1999). Kypsä tomaatti sisältää keskimäärin 5-8 % kuiva-ainetta ja loput vettä (Malundo ym. 1995). Tomaatin kypsyysasteet ovat Sargentin ja Morettin (2002) mukaan: 0. kypsymätön, 1. vihreä, 2. värinmuunnos, 3. punaiselle vivahtava, 4. punertava, 5. vaaleanpunainen ja 6. punainen.



**Kuva 10** Erilaisia tomaatteja: tavallinen tomaatti, luumutomaatti ja kirsikkatomaatti.

**Kurkku** Kasvihuonekurkku (*Cucumis sativus* L.) on yksi tärkeimmistä vihanneksista Suomessa (kuva 11). Myös muissa Pohjoismaissa kasvihuonekurkku on tärkeä kasvihuonevihannes, ja ammattiviljelystä on kirjoitettu useita oppaita (esim. Levonen 1957, Norrgren ja Molen 1987, Murmann 1992). Kurkut ovat kaksisirkkaisia, yksivuotisia, useimmiten pitkä- ja rentovartisia sekä viileänarkoja kasveja (Voipio 2001). Keinovalotus on mahdollistanut ympärivuotisen tuotannon, ja ensimmäiset niin sanotut valoviljelmät perustettiin vuosina 1992 ja 1999 (Österman 2001). Aiempien tutkimusten tavoitteena on ollut lisätä kasvihuonekurkun ja tomaatin ympärivuotista valoviljelyä ja nostaa viljelyn satotasoa (Hovi ym. 2004). Nopeasti kasvaneet kurkut ovat laadultaan parempia kuin hitaasti kasvaneet. Kasvihuonekurkun korjuukypsyyden määrittelyssä huomioidaan lajikkeesta riippuen hedelmän pituus ja massa (paino) sekä pinnan uurteisuus, joiden avulla voidaan päätellä kurkun kehitysvaihe. Täysikasvuiset kurkut säilyvät paremmin kuin keskenkasvuiset, eivätkä täysikasvuiset nahistu niin nopeasti kuin keskenkasvuisena korjatut. Kurkkujen ei kuitenkaan pidä antaa kasvaa liian pitkään, etteivät ne ala kellastua (Murmman 1992). Kurkkujen kellastuminen johtuu klorofyllin hajoamisesta. Kellastumista nopeuttavat korkeat lämpötilat ja etyleeni (Haard 1985, Klein 1992, Murmann 1992). Kurkun kylmäherkkyys on aiemmin näkynyt laatuongelmina, joita ovat olleet mm. kuoppaisuus ja mädäntyminen (Miao ym. 2007). Liian kuivassa kasvaneista kurkuista on puolestaan tullut karvaita (Ertek ym. 2006).





**Kuva 11** Kurkku kokonaisena ja leikattuna.

**Paprika** Paprika (*Capsicum* spp.) kuuluu vihanneshedelmiin (kuva 12). Vihannespaprikan käyttö alkoi Suomessa 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa (Voipio 2001). Paprikaan liittyviä raportoituja epidemioita on vähän. Paprikan hyllyikää on selvitetty suoraan vain harvoissa tutkimuksissa, mutta paprikan säilymiseen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu runsaasti. Paprikan jalostuksessa on perinteisesti panostettu satoisuuteen ja laadukkuuteen, jolla Jadczaikin ym. (2010) mukaan tarkoitetaan erityisesti esimerkiksi hyllyikää, kiinteyttä ja tautikestävyyttä. Paprikan laatua käsittelevät tutkimukset ovat kohdistuneet muun muassa viljelyvaiheeseen (ravinteet, multa ja mullattomat kasvualustat, kastelu, valaistus, luomuviljely) sekä erilaisiin esikäsittelyihin. Paprikan laatua kuvaavat useat muuttujat, kuten Jadczaikin ym. (2010) tutkimuksessa keskimassa, pituus, halkaisija ja syötävän osan paksuus, Di Scalan ym. (2006) tutkimuksessa väri ja askorbiinihappopitoisuus ja Egginkin ym. (2012) tutkimuksessa lukuisat makuun, tuntuun ja rakenteeseen liittyvät muuttujat. Paprikalla on Nazzarron ym. (2009) mukaan potentiaalia polyfenolilähteenä ja antimikrobisten sekä antimutaageenisten ominaisuuksien vuoksi. Eri lajikkeiden välillä on olennaisia laatueroja.



**Kuva 12** Paprika kokonaisena ja pilkottuna.

**Sipuli** Ruokasipuli on Suomessa porkkanan jälkeen eräs määrällisesti eniten kasvatetuista vihanneksista (Matilda 2011). Ruuanvalmistuksessaakin käytettyjä sipulilajeja ja -lajikkeita on useita (kuva 13). Orgaanisesti sitoutuneet rikkiyhdisteet ovat luonteenomaisia kaikille *Allium*-suvun kasveille (Whitaker 1976). Sipulin tärkeitä laatuominaisuuksia ovat mikrobiologisen laadun lisäksi bioaktiivisten aineiden pitoisuudet, hengitys, väri ja ruskettuminen sekä aistinvaraiset ominaisuudet. Sipulin sisäosan kasvu on varastoitujen sipuleiden pilaantumisen pääsyy (Brewster 2008). Myös vihersipulin, joka on varrellinen ohuehko sipuli, ja purjosipulin keskeinen laatuongelma on lehtien, tarkemmin sanoen varren sisäosan, korjuun jälkeinen kasvu (Tsouvaltzis ym. 2010). Sipuleiden laatua alentavat lisäksi erilaiset, erityisesti sienten aiheuttamat taudit, jotka mm. aiheuttavat sipuleihin näkyviä vaurioita ja värin muutoksia sekä pehmenemistä (Brewster 2008). Sipulin pesuvedellä on korkeat sameus- ja COD-arvot, mikä vaikuttaa joidenkin hygienisointimenetelmien tehoon (Selma ym. 2008a). Sipulin kemiallinen koostumus saattaa vaikuttaa siihen, että verrattuna moniin muihin kasviksiin sipulin mikrobiologinen laatu on ollut useissa tutkimuksissa suhteellisen hyvä. *Allium*-kasveissa on havaittu antimikrobisia aineosia, allisiinia (diallyylitiosulfinaatti) ja ajoeenia (Cavallito ym. 1944).



**Kuva 13** Erilaisia sipuleita: vasemmalta jättisipuli, keltasipuli, hopeasipuli, punasipuli, salottisipuli, purjosipuli, salaattisipuli ja ruohosipuli.

**Idut** Ihmisravinnoksi käytettäviä ituja on tutkimusten mukaan idätetty lukuista eri siemenistä, kuten erilaisista pavuista (kuva 14), herneistä, linseistä, apiloista, kaaleista ja retiiseistä sekä sinimailasesta eli alfalfa-

auringonkukasta, krassista, lupiinista, seesamista, sinapista, nauriista, sipulista, pellavasta, riisistä, rukiista, tattarista ja vehnästä. Joissakin tieteellisissä tutkimuksissa idätettyjä siemeniä nimitetään paikallisten kielten termeillä, mikä on tyypillistä erityisesti erilaisille pavuille ja linsseille. Terminologiaa eri kielillä on muun muassa sivustoilla <http://www.foodsubs.com/> ja [http://www.clovegarden.com/ingred/bp\\_legumev.html](http://www.clovegarden.com/ingred/bp_legumev.html).



**Kuva 14** Mungpavun ituja

Idut ovat haasteellinen tuote elintarviketeollisuudelle, sillä itujen kasvatusolosuhteet luovat lähes ihanteelliset olosuhteet patogeeneille (Howard ja Hutcheson 2003). Lisäksi siemeniä kasvatettaessa ei välttämättä aina tiedetä, tullaanko niitä käyttämään ravinnoksi vai kylvösiemeneksi, ja hygieniavaatimuksia ei näin osata riittävästi ottaa huomioon (Montville ja Shaffner 2005). USA:ssa erityisesti sinimailasen siemenet ovat erityisen valvonnan alla osin siksi, että niitä kasvatetaan yleisimmin iduiksi (Food and Drug Administration 1999). Suomessa Evira (2011) on antanut ohjeet itujen käsittelyyn. Idut ovat maailmanlaajuisesti aiheuttaneet runsaasti epidemioita, minkä vuoksi keinoja itujen ja idätettävien siementen hygienisoinniksi on tutkittu hyvin runsaasti. Kun tutkitaan hygienisointitekniikoiden vaikutusta idätettävien siementen mikrobiologiseen laatuun, samalla usein selvitetään myös ko. käsittelyjen vaikutus siementen itävyyteen.

USA:ssa NACMCF-komitea (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods 1999) on suosittanut kaikki iduiksi idätettävät sinimailasen siemenet käsiteltävän kalsiumhypokloriitilla (20 000 ppm), mikä on monessa ulkomaisessa tutkimuksessa lähtökohta tutkituille vertailukäsittelyille. Kloori on muutenkin merkittävässä osassa ituihin liittyvissä ulkomaisissa tutkimuksissa. Klooriitti- ja hypokloriittiliuoksella sekä klooridioksidilla vesiliuoksessa on saatu lukuisten eri maissa tehtyjen tutkimusten mukaan vähennettyä idätettävien siementen tai itujen mikrobimäärää, mutta mikrobeja ei ole kuitenkaan näillä tavoin saatu kokonaan tuhottua siemenistä tai iduista. Vaikka siemenissä ei ennen idätystä todettaisi patogeeneja (Gabriel 2005) tai siementen mikrobimäärää saataisiin pienennettyä

jopa alle detektorajan (Lang ym. 2000, Stewart ym. 2001, Nei ym. 2010, Bang ym. 2011), siemeniin jääneet bakteerit lisääntyvät idätyksen aikana usein voimakkaastikin. Lisäksi useat patogeenibakteerit säilyvät kylmävarastoinnin aikana ja voivat myös lisääntyä kylmävarastoinnin aikana. Vasta ituihin tapahtunutta patogeenikontaminaatiotakaan (*Salmonella*) ei saatu eliminointia kloorilla Singhin ym. (2005) tutkimuksessa.



# 3 TUOREKASVISTEN VARASTOINTI, PAKKAAMINEN JA SUOJAKAASUN YHTEYS KASVISTEN LAATUUN

## 3.1 PAKKAAMINEN JA VARASTOINTI TUOREKASVIKSEN LAADUN HALLINNASSA

Suojalan ja Pessalan (1996) kirjallisuuskatsauksen mukaan tärkeimmät kasvien varastohävikin aiheuttajat ovat hengitys, veden haihdunta, tuotteen kostumuksen muuttuminen, versojen ja juurten kasvu, fysiologiset vauriot, varastotaudit ja etyleenivauriot. Lisäksi kasvukauden ja sadonkorjuun tekijöillä on vaikutusta varastohävikkiin.

Zagoryn (1999) kirjallisuustarkastelun perusteella tuorekasviksen hyllykää määrittävät tekijät eivät ole niinkään tuotteen alkuperäiset mikrobit, vaan mikrobien kasvua suosivat olosuhteet ja muut tekijät. Tärkeää on siis puuttua mikrobien kasvua suosiviin olosuhteisiin, käytännössä kylmäsäilytykseen ja -ketjuun, puhtauteen ja tuotantohygieniaan sekä nopeaan käsittelyprosessiin ja -ketjuun.

Suojakaasupakkaamisessa tärkeimpiä tekijöitä on pakkauskalvon valitseminen, jotta kaasujen läpäisevyys on halutunlainen (Rai ym. 2002). Suojakaasu ei yksin ratkaise laadun hallintaa, koska ympäröivät olosuhteet, kuten lämpötila ja suhteellinen kosteus, vaikuttavat myös suojakaasuun pakatun tuotteen hengitykseen ja siten tuotteen pilaantumiseen.

## 3.2 PORKKANA

Suosittelava porkkanan varastointilämpötila on 0-0,5 °C. On tärkeää pitää varastointilämpötila tasaisena. Porkkana jäätyy -1,4 °C:ssa. Sekä jäätyminen että lämpeneminen jo 3-4 °C:een heikentävät säilyvyyttä. Varastointikosteuden on oltava 95-95 % RH, mutta vesi ei saa tiivistyä porkkanoiden pinnalle. Terve ja ehjä kokonainen porkkana säilyy jopa 8 kk oikeissa varasto-olosuhteissa (Von Weissenberg ja Harju 1987). Herppichin ym. (2000a) tutkimuksessa 4 kk säilytys 5 °C:ssa ja yli 98 % RH:ssa säilytti pesemättömien, muoviin pakattujen porkkanoiden vesipitoisuuden, mutta porkkanat pehmenivät ja osmoottisesti aktiivisten aineiden määrä väheni, joten porkkanoiden laatu heikkeni. Porkkanan kylmäsäilytys vähentää hengityksestä johtuvaa laadun heikkenemistä, mutta osin myös lisää porkkanoiden rapeutta. Koca ja Karadeniz (2008) totesivat, että 6 kk säilytys 0 °C:ssa, 85-90 % RH:ssa ei luteinipitoisuutta lukuun ottamatta muuttanut pestyjen, kokonaisten, muoviin pakattujen porkkanoiden karotenoidien pitoisuuksia. Sen sijaan kokonaisfenolipitoisuus laski merkittävästi. Osa väriarvoista ( $L^*$  ja  $a^*$ ) muuttui selvästi 6 kk aikana, osa ( $b^*$  ja C) vasta 4 kk varastoinnin jälkeen. Porkkanan varastokestävyyden ratkaisevat Suojalan ja Pessalan (1998) mukaan varastotaudit, joihin vaikuttavat erityisesti pelton viljelyhistoria ja sadonkorjuun ajoitus. Varastotauteja todettiin sitä enemmän, mitä enemmän samassa pellossa oli viljelty porkkanaa. Myöhäinen sadonkorjuu paransi varastokestävyyttä ja aistinvaraista laatua.

Alvesin ym. (2010a) tutkimuksessa käsitellyn porkkanan ja Alvesin ym. (2010b) tutkimuksessa tuoreporkkanatuotteiden hyllyiäksi todettiin 8 vrk. Alvesin ym. (2010a, b) kokeissa kasvikset huuhdeltiin 5 min ajan natriumhypokloriittiliuoksessa ennen kuorimista. Rochan ym. (2007) mukaan hyllyikä ei muodostu vain mikrobiologisesta laadusta, vaan myös fysikokemiallisista ominaisuuksista. Tässä vakuumipakkaamiseen keskittyvässä tutkimuksessa porkkanaraasteen mikrobiologinen ja fysikokemiallinen laatu olivat yhteydessä aistinvaraiseen laatuun. Corbon ym. (2006) käyttämien yhtälöiden mukaan porkkanaraasteen hyllyikä on käsittelystä riippuen 6-7 vrk (100-150 ppm klooriliuoksella ja mahdollisesti sen jälkeen puhtaalla vedellä huuhdeltu tuote sekä toinen vähittäiskaupasta hankittu porkkanaraaste), noin 4,5 vrk (ennen klooriliuoshuuhtelua 12 h ajan 15-18 °C:ssa säilytetty raaste) tai vajaa 2 vrk (toinen kaupasta hankituista raasteista).

Pakkaaminen vaikuttaa tuoreporkkanan laatuun (liite 1, taulukko 1). Tuoresalaattien pakkaamisessa käytetään usein suojakaasua, jota on myös porkkanan osalta tutkittu paljon (liite 1, taulukko 2). Tietty mikrohuokoinen kalvo todettiin sopivimmaksi varastoporkkanoiden pakkaamisessa Barry-Ryanin ym. (2008) tutkimuksessa. Tuotteiden tuhoutumista edisti enemmän hapen vähyys kuin hiilidioksidipitoisuuden nousu. Kato-Noguchi ja Watada (1997b) tutkivat porkkanaraasteen käsittelyä happivirralla (0,5 % tai 2 % O<sub>2</sub>) tai ilmavirralla (5 °C ja 15 °C, 7 vrk). Etanolifermentaatio kiihtyi enemmän 0,5 % kuin 2 % happivirrassa ja enemmän 15 °C:ssa kuin 5 °C:ssa. Etanolifermentaation kiihtyminen voi sallia ATP-tuotannon (adenosiinitrifosfaatti), joka voi edistää porkkanasolukon säilymistä.

Zanonin ym. (2007) mukaan varastointilämpötila on kriittinen tekijä porkkanan hyllyiän kannalta, ja yli 14 °C lämpötilassa porkkanan stabiiliisuuden ja turvallisuuden rajat ylittyivät nopeasti. Näin ollen sopimaton ≥8-10 °C lämpötila vain muutamankin tunnin ajan hyllyiän aikana kyseenalaistaa laadun, vaikka aiempi säilytyshistoria olisi moitteeton. Kontrolloidun ilmastoin sijasta porkkanasuikaleiden hyllyikää määrittävät varastointi- ja prosessointimenetelmät, jotka vähentävät veden aktiivisuutta, mikrobimäärää ja entsyymiaktiivisuutta. Mikrobien osalta kineettisissä malleissa tarkasteltiin mesofiilisten aerobisten kokonaismikrobien ja kokonaismikrobiformien määrää sekä "valkoisuusindeksiä". Myös Rivan ym. (2001b) mukaan mikrobien määrän nopeaan kasvuun vaikuttaa enemmän varastointilämpötila kuin kemialliset tekijät. Herppichin ym. (2000b) mukaan jo lyhytaikainen (3 vrk) varastointi huoneenlämmössä (18 °C, 90-98 % RH) johti käsin korjattujen porkkanoiden vesi- ja painepotentiaalien muutoksiin.

Varastointiajan todettiin kuitenkin Rivan ym. (2001b) tutkimuksessa olevan porkkanaraasteen mikrobikasvussa merkittävämpi tekijä kuin varastointilämpötilan. Lämpötilan muutos ei vaikuttanut selvästi *Leuconostocien* kasvuun. Porkkanaraasteen kokonaismikrobimäärä oli kokeen alussa noin 10<sup>7</sup> pmy/g ja kolmantena varastointipäivänä 10 °C:ssa 10<sup>8</sup> pmy/g. Kun raasteen varastointilämpötila oli 20 °C, kokonaismikrobimäärä kasvoi merkittävästi (yli 10<sup>9</sup> pmy/g tasolle) jo 1 vrk aikana, kun taas varastointi 5 °C:ssa oli suhteellisen samankaltaista kuin 10 °C:ssa. Tuorekasvisten hyllyikänä yleinen 6 vrk pääteltiin tulosten perusteella liian pitkäksi. Hallintakeinoina korostettiin tuotantohygieniaa sekä varastointilämpötilan voimakasta kontrollointia vähittäismyynnissä. Abdul-Raoufin ym. (1993) laboratoriotutkimuksessa 5 °C:ssa ja 12 °C:ssa säilytetyn porkkanaraasteen psyk-

rotrofimäärät ja 12 °C:ssa säilytetyn raasteen mesofiilimäärät kasvoivat merkittävästi säilytysajan edetessä. Suurimmat psykrotrofisten ja mesofiilisten mikrobien määrät todettiin 12 °C:ssa 14 vrk säilytyksen jälkeen (9,1-9,3 log<sub>10</sub> pmy/g), kun määrät kokeen alkaessa (0 vrk) olivat 4,9- 5,4 log<sub>10</sub> pmy/g. Kimin ja Beuchatin (2005) tutkimuksessa porkkanapaloihin lisätyn *Enterobacter sakazaki*in määrä väheni merkittävästi 2 vrk aikana, ja 6 vrk kuluttua 4 °C:ssa säilytetyistä porkkananoista ei todettu enää ko. bakteeria. Myös 12 °C:ssa säilytetystä porkkanasta bakteeri väheni 1 vrk aikana (lähötaso 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> log pmy/g), ja 3 vrk kuluttua bakteerin määrä oli porkkanossa alhaisin (1,7 log pmy/g) muihin tutkittuihin kasviksiin (omena, melonit, mansikka, salaatti, kurkku ja tomaatti) verrattuna.

Kuluttajan mielipide porkkanoiden tuoreudesta koostuu hyvin monesta aistinvaraisesti arvioitavasta tekijästä (Péneau ym. 2007). Porkkanan tuoreus määriteltiin kyseisessä tutkimuksessa koostuvan ulkonäön, tuoksun, kädessä tuntuvan rakenteen ja suutuntuman summana. Porkkanoita varastoitettiin pakkaamattomina ja muoviin pakattuina 0 °C:ssa 4 viikkoa ja 1-16 vrk tai 20 °C:ssa 1-16 vrk ajan. Varastointiajan piteneminen heikensi porkkanoiden aistinvaraista ja fysikokemiallista laatua, mutta säilytyslämpötilojen erot eivät tässä tutkimuksessa olleet selkeät. Herppichin ym. (2001) tutkimuksessa porkkanoiden vesipitoisuus ei muuttunut varastointijaksolla (4 kk, 5 °C, RH lähes 100 %, 25 kg porkkanaerät muovipakkauksissa).

Toivosen ym. (1992) tutkimuksen mukaan porkkanoiden esisäilytys viileässä (4 vrk, 1 °C) ennen simuloitua hyllyjaksoa (13 °C, >95 % RH) vähensi massan alenemaa ja samalla säilytti porkkanan pintarakennetta parempana verrattuna tilanteeseen, jossa esisäilytysjaksoa ei ollut. Toisaalta Zhangin ym. (2005) tutkimuksen mukaan pitkä, 1-2 kk kestävä kylmävarastointi lisäsi porkkanan ruskettumista ja siten lyhensi hyllyikää. Porkkanat varastoitettiin 4 °C:ssa ja 90 % RH:ssa 2 kk ajan. 0 kk, 1 kk ja 2 kk varastointin jälkeen näyte siirrettiin 10 vrk ajaksi simuloituun vähittäismyyntiolosuhteeseen (20 °C, 60 % RH). Hyllyikäjaksolla ruskettumista tapahtui sitä enemmän, mitä kauemmin porkkanoita oli aiemmin kylmävarastoitu. Kun tarkastellaan vain ruskettumista, hyllyiksi pääteltiin tulosten perusteella porkkanalajikkeesta riippuen 2-4 vrk 2 kk kylmävarastointin jälkeen, 4-6 vrk 1 kk kylmävarastointin jälkeen ja 6-8 vrk ilman hyllyjaksoa edeltävää kylmävarastointijaksoa. Willgingin ym. (2000) mukaan suuret lämpötilan vaihtelut varastoinnissa voivat edistään kasvisten pilaantumista verrattuna tilanteeseen, jossa lämpötilan muutokset ovat loivia.

Shibairon ym. (1997) kanadalaisessa lajikevertailussa porkkanoiden massan menetys oli suurempaa varastoitaessa 13 °C:ssa alhaisessa ilman suhteellisessa kosteudessa (35 % RH) verrattuna korkeampaan (80 % RH). Lajikkeiden välillä oli eroja massan menetyksen osalta vain, jos korjuu tapahtui myöhään (120-164 vrk kuluttua kylvöstä) verrattuna aikaiseen korjuu-aikaan (87-98 vrk kylvöstä) ja ilman kosteus oli alhainen varastoinnissa. Massan menetys oli kuitenkin eniten yhteydessä porkkanoiden pinta-alaan. Myös Suojalan ja Tupaselan (1999) mukaan myöhäinen korjuu-aika loka-kuun lopussa tuotti parempaa laatua kuin aikainen korjuu syyskuun alussa, 106-128 vrk kylvöstä. Kasvupaikkojen välillä oli kuitenkin eroa. Porkkanat oli varastoitu 0-1 °C:ssa, 85-100 % RH:ssa, ja aistinvaraiset analyysit tehtiin kolmen viikon kuluttua myöhäisestä korjuusta sekä tammi-helmikuussa ja huhtikuun lopussa. Varastointi vaikutti yleisesti ottaen vain vähän porkkanoiden aistinvaraiseen laatuun, mutta mehukkuus ja rapeus vähenivät

varastoinnin aikana. Porkkanoiden sukroosipitoisuus kasvaa ja heksoosipitoisuus vähenee kasvukauden edetessä, mutta nämä muutokset eivät ole yhdessä varastokestävyyteen (Suojala 2000). Myöhäinen korjuu aika vähentää Suojalan (1999) tutkimuksen mukaan varastotappioita, jotka johtuvat pääasiassa varastotaudeista. Varastokestävyys ei tässä tutkimuksessa yleensä ollut yhteydessä korjuuta edeltävään tai sen aikaiseen säätilaan, mutta pitkäaikainen pakkanen lokakuun lopun kurjuu aikana kuitenkin heikensi porkkanoiden varastolaatua. Porkkanoiden pakkasta vastustava proteiinigeeni aktivoituu kylmissä olosuhteissa sekä korjaamattomissa että korjatuissa porkkanoissa (Galindo ym. 2005a, b). Tämän geenin ilmenemiseen porkkanaviipaleissa vaikuttaa kasvukauden lämpötila. Jos se on ollut esimerkiksi alle 6 °C, mutta ei pakkasen puolella, se on voinut vaikuttaa porkkanan kylmävarastointikestävyyteen ja pitkään varastointikestävyyteen.

Käsin kuoritut ja koneellisesti viipaloidut porkkanat säilytettiin Ayhanin ym. (2008) tutkimuksessa 21 vrk ajan 4 °C:ssa ilmassa sekä kahdessa suojakaasu ympäristössä, joista toisessa oli runsaasti (80 %) ja toisessa niukasti (5 %) happea (O<sub>2</sub>). Porkkanat olivat polypropeenipohjaisella kalvolla suojatulla polypropeenitarjottimella. Varastointijakson aikana porkkanaviipaleissa ei tapahtunut hiivojen ja homeiden kasvua, mutta mesofiilisten aerobisten mikrobien määrä kasvoi kaikissa tutkimusolosuhteissa: määrät olivat nollahetkellä 3,78-3,90 log pmy/g, 21 vrk kuluttua 7,48-8,25 log pmy/g. Porkkanoiden väri säilyi hyvin 21 vrk tutkimusjakson ajan, mutta porkkanat pehmenivät selvästi kaikissa olosuhteissa 14 vrk kuluessa. Porkkanaviipaleiden hyllyiäksi ehdotettiin tavallisessa ilmassa ja korkeahappisessa ympäristössä 7 vrk, mutta matalahappisessa ympäristössä vain 2 vrk.

Italialaiset Riva ym. (2001a) puolestaan totesivat, että kalorimetrinen mittausta oli paras hyllyiän määrittämisessä verrattuna kokonaisbakteerien viljelyyn tai pH:n tai samentumisen mittaukseen, kun tarkasteltavina olivat mm. porkkanat. Mittaukset tehtiin porkkanasuikaleista, mutta sameus mitattiin porkkanaliemestä. Sameuden todettiin kuvaavan porkkanaliemen metabolista aktiivisuutta. Sameus- ja kokonaisbakteerimittausten mukaan porkkanan säilyvyys olisi 5 °C:ssa noin 6 vrk tai 4 vrk (vastaavasti), 10 °C:ssa noin 4 vrk tai 3 vrk, 20 °C:ssa noin 1 vrk tai ½ vrk ja 25 °C:ssa sameusmittauksen mukaan alle ½ vuorokautta. Kalorimetrin mittausten perusteella hyllyikä olisi 15 °C:ssa 1-2 vrk, 20 °C:ssa noin ½ vrk ja 25 °C:ssa selvästi alle ½ vuorokautta.

Lavellin ym. (2006) tutkimuksessa sopivimmiksi PVC-kalvoon pakattujen porkkanasuikaleiden hyllyikää määrittäviksi tekijöiksi todettiin valkoisuusindeksi sekä mikrobiologisen laadun osalta kokonaisbakteerit ja koliformit. 4 °C ja 10 °C:ssa säilytetyistä suikaleista mitattiin fysikokemiallisia suureita (klorogeenihappo, karotenoidit, sokerit ja valkoisuusindeksi), mikrobiologista laatua (kokonaismikrobit, koliformit, maitohappobakteerit ja hiivat) sekä aistinvaraisia ominaisuuksia. Kokonaisbakteerit ja koliformit saavuttivat kynnyksarvot (kokonaismikrobeille  $5 \times 10^8$  pmy/g ja koliformeille  $5 \times 10^6$  pmy/g) nopeammin kuin muut tutkitut mikrobit; 4 °C:ssa aika oli 7 vrk ja 10 °C:ssa 3 vrk. Värimittarin L\*, a\* ja b\* -arvoista lasketun valkoisuusindeksin osalta kynnyksarvo saavutettiin 4 °C:ssa jo 5 vrk:ssa. Valkoisuusindeksi korreloi silmin havaitun värin muutoksen sekä ei-toivotun hajuun kanssa.

### 3.3 LANTTU

Terve lanttu säilyy hyvin, 0 °C:ssa ja > 95 % RH:ssa vähintään kuusi kuukautta (Voipio 2001). Selkeitä säilyvyyttä ja hyllyikää käsitteleviä tutkimuksia ei juuri löytynyt. Muun muassa mikrobiologinen laatu, kasvitaudit ja prosessointi ovat kuitenkin yhteydessä säilymiseen ja hyllyikään. Tuotteen hyllyikä on käänteisesti verrannollinen soluhengitykseen (Day 1990, ref. Zhu ym. 2001), joka kasvaa prosessoinnin myötä, joten prosessointi lyhentää tuotteen hyllyikää (Wang 1994, ref. Zhu ym. 2001). Chu ja Wang (2001) tutkivat eri tavoin pilkottuja lanttuja 2 °C ilmassa sekä kahdessa suojakaasussa: 1) 1,5-2,5 % O<sub>2</sub>, 50-200 ppm CO<sub>2</sub> ja tasapaino N<sub>2</sub>, sekä 2) 0,5 % O<sub>2</sub>, 50-200 ppm CO<sub>2</sub> ja tasapaino N<sub>2</sub>. Hengitys oli sitä suurempaa, mitä pienemmäksi lanttu oli pilkottu, ja pienin suojakaasussa 2. Wangin (1994, ref. Zhu ym. 2001) mukaan leikattu lanttu myös hapettuu helposti, ja koska lanttu on herkkä hapen vaikutukselle, leikattu pinta tummuu nopeasti. Farberin ym. (1998) tutkimuksessa lanttusuikaleisiin lisätyn *L. monocytogeneen* määrä kasvoi 9 vrk aikana hieman 4 °C:ssa ja selvästi 10 °C:ssa. Francisin ja O'Beirnen (2001a) tutkimuksessa pakattuihin lanttukuutioihin lisätyn *L. monocytogeneen* määrä kasvoi jonkin verran 12 vrk aikana 8 °C:ssa, kun pakkauksessa oli muunneltu ilmakehä. Yhden *E. coli* -kannan määrä kasvoi vastaavasti, kun taas toisen määrä kasvoi 2-5 vrk aikana ja väheni sen jälkeen. Kun varastointilämpötilaa laskettiin 8 °C:sta 4 °C:een, molempien mikrobien kasvu hidastui, mutta mikrobeja todettiin silti 12 vrk säilytyksen jälkeenkin. Tulosten perusteella korostuu jatkuvan kylmäketjun merkitys kasvituotteiden kuljetuksessa, jakelussa, varastoinnissa sekä kaupassa ja kotitalouksissa. Lisäksi painotettiin hyvien tuotantotapojen, hygieniakäytäntöjen ja HACCP-ohjelmien merkitystä lantun säilyvyyteen.

Shattuck ym. (1991) altistivat kasvihuoneessa kasvatetut lantut 11 vrk pituiselle kylmäkäsittelylle (0–12 °C), kun taas pelloilta korjattujen lanttujen varastointijakso oli 0 °C ja 10 °C:ssa 8 viikkoa. Lanttujen kokonaissokeripitoisuus (sukroosi, fruktoosi ja glukoosi) kasvoi nopeasti ensimmäisen kahden varastointiviikon aikana ja tasoittui sen jälkeen. Alhaisen lämpötilan aiheuttama kokonaissokeripitoisuuden kasvu oli 10 %. Varastointilämpötila ei vaikuttanut sokeripitoisuuteen. Bioaktiivisilla aineilla (esimerkiksi glukosinolaatit, kokonaisfenolipitoisuus) voi olla hyödyllisiä terveysvaikutuksia (Olsson ja Gustavsson 2009). Säilytys alhaisessa lämpötilassa toi Shattuckin ym. (1991) kokeissa useiden glukosinolaattien pitoisuuteen vaihtelua kuoritus- ja lantussa ja sen kuorissa, mutta ei muuttanut laadullisesti glukosinolaattiprofiilia. Sekä käsittelyllä, lämpötilalla että tutkitulla solukolla oli alhaisessa lämpötilassa vaikutusta glukosinolaattipitoisuuteen. Tutkimukseen ei sisällynyt mikrobiologisia mittauksia.

### 3.4 PUNAJUURI

Pienet punajuuret nahistuvat helposti, mutta suuret, terveet punajuuret säilyvät 0 °C:ssa ja 95-97 % RH:ssa 6-8 kuukautta ilman suuria tappioita. Pitkä varastointi johtaa kuitenkin solukoiden puutumiseen (Voipio 2001). Kotimaisten kasvien (2015) mukaan tuoretta punajuurta säilytetään +2...+5 °C:ssa. Kujalan ym. (2000) tutkimuksessa kokonaisia punajuuria varastointiin 5 °C:ssa. Punajuuren terveysvaikutteisista komponenteista varastointi

ei vaikuttanut olennaisesti kokonaisfenolipitoisuuteen, mutta betaniinipitoisuus laski 140 vrk varastoinnin aikana ja nousi 140 varastointipäivästä lähtien 196 vrk varastointiajan loppuun. Korkea typpilannoitusmäärä lisää punajuuren satoa (Vuorinen ja Takala 1987, Salo 1992), mutta suurentaa nitraattipitoisuutta sekä alentaa kuiva-ainepitoisuutta ja heikentää säilyvyyttä (Salo 1992).

Punajuuriraasteen hyllyiäksi todettiin argentiinalaisissa tutkimuksissa 7 vrk, kun säilytyslämpötila oli 0 °C, ja 3-4 vrk, kun lämpötila oli 4 °C (Osornio ja Chavez 1997 ja 1998). Siirto kylmästä 20 °C:een kasvatti raasteen mikrobimäärää selvästi ( $10^7 - 10^8$  pmy:öön/g). Mitä suurempi lämpötilaero oli siirrettäessä tuotetta kylmästä 20 °C:een, sitä suuremmiksi mikrobimäärät kasvoivat. Osornion ja Chavesin (1998) tutkimuksessa PVC-kalvopakkaus oli 0 °C:ssa EVA-kalvopakkausta parempi. Mitä pidempi säilytysaika +4 °C:ssa oli, sitä suuremmaksi happamuus ja hiilidioksidimäärä kasvoivat. Raasteen soluhengitys oli vastaava kuin kokonaisen punajuuren. Silputtujen punajuurten hyllyiäksi mainittiin Vitin ym. (2005) tutkimuksessa 10 vrk, kun säilytyslämpötila oli 0 °C. Punajuurisilpun väri muuttui varastoinnin aikana. Mitä korkeampi varastointilämpötila oli, sitä enemmän silppu kuivui ja leikkuupinta vaaleni. Soluhengitys väheni ja massa aleni varastointiajan edetessä. Laatu heikkeni selvästi 10 °C:ssa ja 15 °C:ssa. Suuri osa Osornion ja Chavesin (1997, 1998) sekä Vitin ym. (2005) näytteistä oli huuhdottu klooripitoisella vedellä.

### 3.5 SALAATTI

Hesserin (2003) mukaan jos salaatti jäähdytetään tuotantolaitoksessa 20 minuutissa 10 °C:een ja säilytetään tässä lämpötilassa, tuotteita voidaan säilyttää pilaantumatta noin 15 vrk. Sidesalaatin (romaine) ruskettumista, mutta ei lehtien reunojen ruskettumista on saatu tehokkaasti vähennettyä säilyttämällä salaatti 1 °C:ssa (Artés ym. 1999). Pehmeän keräsalaatin säilyvyysaika on ERS:n (2005) mukaan kaksi viikkoa ja rapean keräsalaatin neljä viikkoa. Zengin ym. (2014) riskinarviointitutkimuksessa todettiin simulointimenetelmällä, että väärät kuljetus- ja myyntilämpötilat ja niiden vaihtelut vaikuttivat haitallisesti tuoreleikatun sidesalaatin (romaine) laatuun ja mikrobiologiseen turvallisuuteen.

Prosessointi, kuten pilkkominen, lyhentää salaattien säilyvyysaikaa. López-Gálvez ym. (1997) raportoivat, että käsiteltyjen tuoreiden jäävuorisalaattien alkuperäinen aerobisten mikrobien määrä kasvoi 5 °C:ssa 5-7 log pmy/g 10 vrk säilytyksen jälkeen. Vastaavia tuloksia pilkotuilla salaateilla ovat kuvanneet Garg ym. (1990): mesofiilisten ja psykrotrofisten bakteerien määrä kasvoi 5-8 log pmy/g 7 vrk säilytyksen jälkeen 5 °C:ssa. Allen ym. (2004) tutkimuksessa punaista "Lollo Rosso" -salaattia käsiteltiin tavallisissa ja kontrolloiduissa olosuhteissa teollisuuslaitoksessa. Mikrobimäärä (psykrotrofiset, koliformiset ja maitohappobakteerit) mitattiin ja aistinvaraista laatua arvioitiin eri tuotantoketjun vaiheissa, jotka olivat vastaanotto, silppuaminen, pesu, valutus, huuhtelu, linkous, ja pakkaus. Lisäksi arvioitiin mikrobien määrää. Käsitelty salaatti pakattiin 5 °C:ssa suljettuihin polypropeenipusseihin, joiden alkuperäinen kaasukoostumus oli 3 kPa O<sub>2</sub> ja 5 kPa CO<sub>2</sub>. Erityisesti silppuaminen, huuhtelu ja linkous lisäsivät bakteerimäärää 7 vrk varastoinnin aikana. Mikrobimäärien ja hajun muutos-

ten perusteella kyseisen salaatin säilyvyysaikaa suositeltiin lyhentämään 7 vrk:sta lyhyemmäksi. Vähän prosessoidun salaatin pesu vedellä vähentää mikrobimäärää alle 1 log pmy/g (Parish ym. 2003, Baur ym. 2004). Baen ym. (2011) tutkimuksessa salaatin pesu ja huuhtelu vesijohtovedellä vähensivät norovirusta 0,64-1,29 log verran.

López-Gálvezin ym. (1997) mukaan 3 % O<sub>2</sub> ja 10 % CO<sub>2</sub> oli suotuisa kaasukoostumus tuoreelle leikatulle jäävuorisalaatille, jossain määrin sopiva sidesalaatille (romaine) ja vähemmän sopiva pehmeälehtiselle salaatile.

### 3.6 TOMAATTI

Tomaatti erittää runsaasti etyleeniä ja siksi sitä tulisi säilyttää erillään muista vihanneksista. Tomaatin leikkaaminen kiihdyttää etyleenin tuotantoa selvästi (Watada ym. 1990).

Tomaatin hedelmä on viileänarka eikä sitä pidä varastoida kylmässä. Lämpötilan hallinta on tärkein tekijä pilaantumista vastaan, ja toinen merkittävä tekijä on tiettyjen kaasujen konsentraatio ja ilmankosteus. Korkea suhteellinen kosteus on tarpeellinen haihtumisen minimoimiseksi (Wills ym. 1998). Kotimaiset kasvikset (2014) on suositellut tomaatille 10-14 °C säilytyslämpötilaa. Noin 13 °C:ssa ja 70-80 % RH:ssa tomaatti säilyy hyväkuntoisena noin kaksi viikkoa. Hedelmä saa alle 12 °C:ssa fysiologisia häiriöitä, joiden seurauksena maku heikkenee, hedelmän pintaan syntyy painaumia ja siemenet saattavat tummua. Mitä raaempi hedelmä on ja mitä alempi säilytyslämpötila on, sitä vakavampia vauriot ovat. Tomaatin lyhyen säilyvyyden vuoksi on tutkittu keinoja liian viileästä johtuvien vioitusten estämiseksi, jotta tomaatit voitaisiin säilyttää kylmässä (Koivisto 2007). Tutkimuksissa mm. kylmävarastointia edeltävästä lämpökäsittelystä on saatu lupaavia tuloksia (Hakim 1997). Tomaattien varastointi alle 12 °C:ssa (Artes ja Escriche 1994) tai yli 94 % RH:ssa lisäsi merkittävästi sienien tunkeutumismahdollisuutta tomaattiin (Dennis 1983).

Sommerin (1982) mukaan tomaattivarastoissa ongelmana voi olla, että tomaatteja ei saada jäähdytettyä kunnolla. Laatikkopinojen keskellä tomaattien lämpötila voi nousta liikaa. Jos tomaattien lämpötila on liian korkea pitkän aikaa, tomaattien laatu voi kärsiä ja kypsyminen epäonnistua (Inaba ym. 1996, Lurie ym. 1996). Kokonaisia tomaatteja voidaan jäähdyttää vedellä, mikä kuitenkin luo kontaminaatio- ja pilaantumisriskin. On havaittu, että vesi ja taudinaiheuttajat voivat päästä tomaatin pinnan huokosiin (Bartz ja Showalter 1981, Bartz 1982, Showalter 1993).

Artesin ym. (1999a) tutkimuksessa havaittiin, että leikattujen tomaattien pakkauksessa oleva passiivinen tai aktiivinen muunneltu ilmakehä (MAP) oli tarpeen tuoretomaattien säilyvyydelle. Tomaatit oli pesty kloorivedellä ennen pakkaamista. Viipaleet olivat muovitarjottimilla ja peitettynä rei'itetyllä tai rei'ittämättömällä muovikalvolla ja ne säilytettiin 2 °C:ssa ja 10 °C:ssa 10 vrk ajan. Laatua arvioitiin liukoisen kuiva-aineen, pH:n, titratavan happamuuden, kiinteyden, värin, visuaalisen laadun, aromin, koostumuksen, vikojen ja yleisen laadun määrittäjin. Tomaattiviipaleiden laatuominaisuudet säilyivät 10 vrk aikana paremmin 2 °C:ssa kuin 10 °C:ssa. Sekä aktiivinen että passiivinen MAP vähensivät viipaleiden kypsymistä 10 °C:ssa. Hyvät olosuhteet 2 °C:ssa olivat sekä aktiivinen (7,5 % O<sub>2</sub> +

0 % CO<sub>2</sub>) että passiivinen MAP, kun taas 10 °C:ssa tulisi käyttää aktiivista MAP:ia.

### 3.7 KURKKU

Kurkussa on paljon kivennäisaineita. Eniten (97 %) kurkku sisältää kuitenkin vettä, ja sen energiapitoisuus on hyvin pieni. Suuren vesipitoisuutensa takia kurkku on herkkä lämpötilojen vaihtelulle (Karakas ja Yildiz 2005, Miao ym. 2007). Liian lämpimässä kurkku nahistuu, ja liian kylmässä se paleltuu. Ihanteellinen säilytyslämpötila on +10...+15 °C, ja varastotilan suhteellisen kosteuden tulisi olla riittävän korkea (Cantwell ja Kasimire 2002), vähintään 95 % RH (Hardenburg ym. 1986, Saltveit 2004). Kurkkua ei pitäisi varastoida alle +7...+10 °C lämpötilassa (Hardenburg ym. 1986, Snowdon 1991). Lajikkeiden jäähdytysvaurioherkkyydessä on eroja (Hakim ym. 1999). Suositeltuja esijäähdytysmenetelmiä kurkuille ovat huonejäähdytys, pakotettu ilmankierto sekä haihdutusjäähdytys (Kasmire ja Thompson 1992). Kylmävaurioiden oireet näkyvät selvimmin, kun hedelmät on siirretty kylmästä korkeampiin lämpötiloihin (Hardenburg ym. 1986, Leshuk ja Saltveit 1990, Mohammed ja Brecht 2003).

Kurkun säilytysohjeet koskevat usein kokonaisia kurkkuja. Kurkut pakataan yleensä muovikelmuun, joka estää niitä nahistumasta. Kelmutetun kurkun kasvava hiilidioksidipitoisuus hillitsee kellastumista, mutta toisaalta mahdollistaa suhteellisen vanhojen kurkkujen myynnin kuluttajille (Murmman 1992). Suomessa myynnissä olevat kurkut ovat pakattu yleisimmin perforoituun polyeteenikalvoon (PE), joka kutistetaan tiiviisti kurkun ympärille. Kurkut siirtyvät viljelijältä kuluttajalle tavallisimmin moniportaisen jakeluketjun kautta (Varvikko 2006). Jokainen jakeluketjun väliporras lisää varastointiaikaa ennen tuotteen myymistä. Varvikon (2006) tekemän haastattelututkimuksen mukaan kurkut olivat korjuun jälkeen kuluttajalla keskimäärin 9 vuorokauden kuluttua. Kelmuun pakattuna kurkkua voi säilyttää kotona huoneenlämmössäkin. Pakkaamisella voidaan pidentää kurkun säilymisaikaa, koska pakkaus suojaa kurkkua ulkopuolisilta kolhuilta ja liialliselta vesihöyryn haihtumiselta. Lisäksi pakkaus estää ympäristössä olevan eteenin aiheuttamia haittavaikutuksia. Kurkku itse tuottaa eteeniä vain vähän, mutta jo pienien eteenipitoisuuksien, alle 0,5 ppm, on havaittu lyhentävän kurkun säilymisaikaa (Kader 2002). Nilssonin (2005) tutkimuksessa näkyvien vaurioiden havaittiin nostavan eteenin tuottoa kymmeniä ja jopa satoja kertoja suuremmaksi, kun kurkkuja varastoitiin normaalissa tai 3 ppm eteeniä sisältävässä ilmassa. Vaurioituneiden kurkkujen eteenin tuotto kasvoi säilyvyysajan ja vaurioiden määrän edetessä. Kurkut ovat yksilöitä, joten vanheneminen ja pilaantuminen tapahtuvat hyvin eri nopeudella samanlaisissa säilytysolosuhteissakin (Schouten ym. 2002). Vaikka erilaisien menetelmien, kuten lämpökäsittelyn, suojakaasupakkaamisen ja kasvun säätelyn on osoitettu vähentävän varastointivaurioita (Wang ja Qi 1997, Miao ym. 2007), varastointivaurioihin liittyvät mekanismit eivät ole vielä täysin tiedossa (Cao and Zheng 2008).

Vanhenemista ja siten myös eteenin tuottoa voidaan hidastaa muuttamalla kasvusta ympäröivän ilmatilan kaasua-, esimerkiksi happipitoisuutta (Srilaong ja Tatsumi 2003, Srilaong ym. 2005). Nykäsen (2009) tutkimuksessa kaasuläpäisevyydeltään tiiviissä pakkausmateriaalissa kurkut pilaan-



tuivat nopeasti. Rei'itetyissä pakkauksissa kurkkujen massa väheni nopeasti, samoin biohajoavaan pakkausmateriaaliin pakatuissa kurkuissa. Kutistettavaan perforoituun PE-kalvoon pakattujen kurkkujen väri oli 13 vuorokauden jälkeen vaaleamman vihreä kuin muihin pakkausmateriaaleihin pakatuissa kurkuissa. Käytettäessä pakkauksen sisällä eteeninpoistajaa kurkkujen maku oli parempi kuin muihin pakkausvaihtoehtoihin pakatuissa 13 ja 21 vuorokauden varastoinnin jälkeen. Nykyisin eniten käytössä oleva kutistettava mikrorei'itetty PE-kalvo on hyvä pakkausvaihtoehto kasvihuonekurkulle, kun eteeniä ei ole säilytyksen aikana varaston ilmatilassa. Jos ilmassa on eteeniä, pakkaukseksi sopii paremmin mikrorei'itetty, saumattu PP-pussi. Kurkkujen maun tuoreuden säilymistä voidaan edistää käyttämällä kaupallisia eteeninpoistajia. Wangin ja Qin (1997) tutkimuksessa suojakaasupakkaus vähensi kylmävaurioita, kun kurkut pakattiin 1,25 ml:n polyeteenipusseihin (LDPE), jotka oli joko rei'itetty tai suljettu.

Nunes ym. (2011) tutkivat jakelukeskuksen ja vähittäiskaupan olosuhteiden vaikutusta viipaloitujen kurkkujen laatuun. Kurkkuja säilytettiin kaupassa alle 10 °C:ssa, ja simuloitavina olivat vähittäiskaupan olosuhteet (4 °C tai 14 °C, 90–92 % RH). Kaiken kaikkiaan pakkaamattomat kurkkuviipaleet olivat pehmeämpiä ja näyttivät kuihtuneemmilta, kuoppaisemmilta sekä lahonneemmilta kuin PVC-kalvoon pakatut kurkkuviipaleet.

Mengin ym. (2014) tutkimuksessa paineistettu agronkaasu auttoi säilyttämään kurkkuviipaleiden laadun. Paine käsittelyinä tutkittiin 1 h ajan 20 °C:ssa 0,5–1,5 MPa Ar (argonkaasua) sekä 1,5 MPa ilmaa. Verrokkina oli paineistamaton olosuhde. Viipaleita säilytettiin käsittelyn jälkeen 4 °C:ssa ja 90 % RH:ssa 12 vrk ajan. Paineistettu agronkaasu esti kurkkuviipaleiden hengitystä, kuivumista, pehmenemistä, klorofyllin hajoamista, värin muutoksia sekä C-vitamiinin ja liukoisen kiintoaineen tappioita. Lisäksi kaasukäsittely vähensi viipaleiden kokonaismikrobien, hiivojen ja homeiden määrää.

### 3.8 PAPRIKA

Odumerun ym. (1997) tutkimuksen mukaan 6 vrk oli bakteerimäärien ja mikrobiologisen laadun muutosten mukaan sopiva hyllyikä viipaloidulle vihreälle paprikalle. Kylmäketjun 4–5 °C:ssa on säilyttävä. *L. monocytogenes* ei todettu kokeen alussa, mutta sitä todettiin osassa näytteistä 10 °C:ssa 11 vrk säilytyksen jälkeen, mutta ei 4 °C:ssa säilytyistä. Bagamboulun ym. (2002) tutkimuksessa silputtua paprikaa säilytettiin 12 °C:ssa suojakaasussa, jossa oli 3 % O<sub>2</sub>, 5–10 % CO<sub>2</sub> ja tasapainotuksena N<sub>2</sub>. Pilaantumista hallitsivat maitohappobakteerit, mutta myös silppuun lisättyä *Shigellaa* todettiin koko varastoinnin ajan. Hyllyikä oli 7 vrk.

Suurin osa paprikan säilytystutkimuksista on kohdistunut kokonaisuun paprikoihin. Lim ym. (2008) säilyttivät kokonaisia paprikoita polyeteenikalvolla tiivistetyssä pahvilaatikossa 45 vrk ajan 4 °C:ssa, 7 °C:ssa ja 10 °C:ssa. Hedelmän kiinteys ja massa alenivat hieman varastoinnin aikana, mutta lajikkeiden välillä oli eroja. Myyntikelpoisten paprikoiden osuus väheni merkittävästi varastoinnin aikana, ja se oli < 40 % varastointijakson jälkeen; lajike ja varastointilämpötila vaikuttivat paprikan säilyvyyteen. Guerra ym. (2011) puolestaan säilyttivät kokonaisia paprikoita paperiin käärityissä muoviasioissa 0 vrk, 5 vrk ja 10 vrk 18 °C:ssa (70 % RH), ja 10 vrk tai osassa kokeita 20 vrk jälkeen 8 °C:ssa (90 % RH). Osassa kokeita

18 °C lämpötila 5 vrk jälkeen korvattiin 18 °C:lla 10 vrk jälkeen. Parhaaksi olosuhteeksi parantaa teollisuuteen käyttöön (paahtaminen, säilykkeeksi valmistus) tarkoitetun paprikan laatua osoittautui 10 vrk varastointi 8 °C:ssa, koska paprikan väri parani, massan menetys oli sallittua alhaisempi ja lahoamisen esiintyvyys oli vain 0 % - 2,3 %. Paprika tulisi tutkimuksen mukaan korjata vasta punaisena ja viljelymaassa tulisi olla korkea kalsiumpitoisuus (> 0,6 g/kg), jotta paprikan lahoaminen varastoinnissa vältetään ja paprikan väri on haluttu.

Polyeteeni ei osoittautunut parhaaksi paprikan pakkausmateriaaliksi kahdessa tutkimuksessa. Srinivasan ym. (2006) tutkimuksessa paprikan laatu muutokset (ei mikrobiologisia mittauksia) olivat suuremmat pakkaamattomissa kuin polyeteenipakatuissa tuotteissa, mutta ominaisuudet säilyivät kokonaisuutena paremmin kitosaani- kuin polyeteenipakkauksessa. Koiden ja Shin (2007) tutkimuksessa paprikoiden aerobisten kokonaisbakteerien, homeiden ja hiivojen määrät sekä eräät muut laatuominaisuudet eivät muuttuneet olennaisesti varastointijaksolla. Koliformisten bakteerien määrät kasvoivat biohajoavaan kalvoon pakatuissa paprikoissa vähiten, rei'itettyyn polyeteeniin pakatuissa toiseksi vähiten ja polyeteeniin pakatuissa eniten. Myös Rain ym. (2011) tutkimuksen mukaan rei'itetty polyeteenipakkaus oli parempi kuin rei'ittämätön: 5 vrk hyllyikä valmistuksesta kulutukseen saavutettiin rei'itetyillä pakkauksilla. Manolopouloun ym. (2010) tutkimuksessa paprikan laatu poikkeamia havaittiin hieman hyllyiän lopussa pakkaamattomissa paprikoissa, kun taas polyeteenikalvo suojasi jonkin verran vaurioilta (ei mikrobiologisia mittauksia). Polyeteeni- ja PVC-kalvoille oli ollut ilmoitettu hapen läpäisevyys, mutta mainintaa rei'ityksestä ei ole. Hyllyiällä tarkoitettiin tässä tutkimuksessa 4 vrk varastointijaksoa 18 °C:ssa ja 70-75 % RH:ssa. Hyllyikäjaksoa edelsi 14 vrk kylmäsäilytysjakso 5 °C:ssa ja 10 °C:ssa (90 % RH).

### 3.9 SIPULI

Useimmat sipulin varastointiohjeet koskevat kokonaisia sipuleita. Kuivatut sipulit tulee säilyttää ilmastavasti. Varastointiolosuhteet ovat Kotimaisten kasvien (2013) mukaan +2...+5 °C ja 90-100 % RH, Voipion (2011) mukaan -2...0 °C, 70-80 % RH. Varastoitavat sipulit kuivataan johtamalla sipuleihin ilmastavassa tilassa lämmintä, 20-25 °C ilmaa. Prosessi on pitkäkö, 1-4 viikkoa. Ihanneolosuhteissa sipulit voivat säilyä vuodenkin. Mikäli varastoituun sipuliin kehittyä juuria, olosuhteet ovat liian kosteat. Jos taas sipuleihin kehittyä lehtiä, on lämpötila liian korkea (Voipio 2011). Jättisipuleiden säilyvyys on Voipion (2001) mukaan heikompi kuin tavallisen sipulin, ainoastaan pari kolme kuukautta, kun taas ryväsipuli säilyy hyvin huoneenlämmössäkin. Sipulilajikkeiden varastointisäilyvyys vaihtelee ja varastoitavuuteen vaikuttavat myös sipulin kasvuolosuhteet (Kopsell ja Randle 1997), muun muassa kasvatuskauden maaperän vesitalous. Liian korkea maan vesipotentiaali voi lisätä sipulin mätänemistä varastoitaessa (Shock ym. 1998), ja vaikka kosteampi maa tuottaisikin suuremman korjuusadon, liisäntyneet varastotappiot voivat vähentää kastelun tuomaa hyötyä (Shock ym. 2000).

Bernon ym. (2014) tutkimuksessa todettiin, että pilkottua sipulia voitiin säilyttää 0 °C:ssa 15 vrk ajan. Punertavat sipulit (*Allium cepa* L.) viipa-

loitiin tai kuutioitiin ja varastoitiin 15 vrk ajan 0-15 °C:ssa ja 85-90 % RH:ssa. Kylmimmässä (0 °C) säilytetyt sipulipalat- ja viipaleet olivat maultaan vähiten väkeviä, hengittivät vähiten ja niiden ravintoainekoostumus ja ulkonäkö muuttui tai vaihteli vähiten verrattuna muissa lämpötilassa säilytettyihin tuotteisiin. Viipalointi puolestaan säilytti monet sipulin ominaisuudet paremmin kuin kuutiointi.

Purjosipuli tulee säilyttää +2...+5 °C:ssa, kuivumiselta suojattuna (Kotimaiset kasvikset 2013). Tuoreet purjosipulit säilyvät jääkaappilämpötilassa myyntikuntoisina parisen viikkoa (Tuncay ja Kuşaksiz 2003). Varastoidun sipulin varastointiajan pidentämisessä keskeisin tekijä on Brewsterin (2008) mukaan estää tai viivästyttää sipulin sisäosan kasvua. Sipulit ovat siis varastoitaessa kasvun kannalta lepotilassa, mutta lepotilan täydellisyydestä on Brewsterin (2008) katsauksen mukaan eri näkemyksiä. Lepotilaksi oletetun vaiheen hallinta olosuhteiden avulla on keskeistä varastointiajan kestossa ja sipulin laadun säilymisessä. Säilymistä haittaavat sipulien pinnan vauriot. Mikrobiologisen laadun kannalta varastointilämpötilan oikeellisuus on ratkaiseva. Alhainen varastolämpötila hillitsee purjosipulin värin muutosta (Tsouvaltzis ym. 2006a) ja sisälehtien jälkikasvua (Tuncay ja Kuşaksiz 2003, Tsouvaltzis ym. 2006a). Tsouvaltzin ym. (2008) tutkimuksessa purjosipulin varastointi olosuhteissa 1 % O<sub>2</sub>, 14 % CO<sub>2</sub> esti leikkuupinnan uloimman osan värin muutosta parhaiten. Keteleerin ym. (1992) tutkimuksessa purjosipulin pakkaaminen rei'ittämättömään muovipakkaukseen tuotti pian virrehajuja, ja vain osa rei'itetyistä pakkauksista säilytti purjon värin moitteettomana. Toisaalta Tuncayn ja Kuşaksizin (2003) tutkimuksessa muovipussin reikien määrän kasvu ja pakkausten rei'ittäminen lisäsi ulommaisten varsien värin muuttumista. Tuncayn ja Kuşaksizin (2003) tutkimuksessa purjon pilkkominen lisäsi massan menetystä. Fysiologiset ja biokemialliset ominaisuudet kuvasivat Keteleerin ym. (1992) tutkimuksessa hyvin aistinvaraista laatua.

Osa sipulin tutkimuksista on kohdistunut lähinnä pakkauskaasuihin, osa pakkausmateriaaleihin. Varsinaisia sipulin suojakaasututkimuksia ovat julkaisseet esimerkiksi Blanchard ym. (1996) ja Hong ym. (2000). Austin ym. (1998) tutkivat suojakaasua ja botuliinitoksiinia, Howard ym. (1994) kaasuaabsorbenttia. Blanchardin ym. (1996) tutkimuksessa CO<sub>2</sub>-rikastus viivytti viipaloidun sipulin pilaantumista, ja paras aistinvarainen laatu saavutettiin olosuhteissa 2 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>. Hongin ym. (2000) tutkimuksessa puolestaan olosuhde 0,1–0,2 % O<sub>2</sub> yksinään tai 7,5–9 % CO<sub>2</sub>-lisällä oli vihreän sipulin ulkonäön ja hyllyiän kannalta paras ja tuotti yli 2 viikon hyllyiän 5 °C:ssa. Suojakaasu ei Hongin ym. (2000) tutkimuksessa estänyt täysin vihreän sipulin varren jälkikasvua. Austinin ym. (1998) tutkimuksessa alhaisen (< 1 %) O<sub>2</sub>-pitoisuuden omaavaan suojakaasuun pakatut sipuliviipaleet olivat aistinvaraisesti hyväksyttäviä, vaikka niissä oli muodostunut botuliinitoksiinia. Tutkimuksessa korostettiin alhaisen, <5 °C säilytyslämpötilan tärkeyttä. Samaa korostivat patogeenien hallinnassa myös Farber ym. (1998). Natriumpermanganaattikaasuabsorbentti muutti Howardin ym. (1994) tutkimuksessa pakkauksen kaasukoostumusta, mutta ei vaikuttanut muihin viipaloidun sipulin laatuominaisuuksiin lukuun ottamatta mikrobimääriä, joita absorbentti suurensi kontrolliin verrattuna.

Muovipakkausten merkitystä sipulin säilyvyyteen ja laatuun on selvitetty useissa tutkimuksissa. Pilkotun sipulin säilyvyysajaksi on todettu muovipakkauksissa 12-16 vrk (Forney ym. 2012, Pérez-Gregorio ym. 2011a), niputettujen sipuleiden säilyvyysajaksi yli kolme viikkoa. Lisäksi

Ferreresin ym. (1996) tutkimuksessa pilkotun punasipulin värin säilymistä edisti pakkaaminen polypropeenikalvoon. Pérez-Gregorion ym. (2011a) tutkimuksessa viipaloidun sipulin ravitsemuksellinen laatu säilyi parhaiten, 16 vrk, hieman läpinäkyvässä polystyreeniastiassa valoisassa, kun taas vakuumpakkauksessa tuotteen visuaalinen laatu kärsi monin tavoin. Forneyn ym. (2012) tutkimuksessa viipaloitujen punasipuleiden myyntilaatu säilyi polylaktidi- ja polyeteenipakkauksissa 12 vrk, jonka jälkeen tuotteiden mikrobiologinen laatu heikkeni ja muodostui virrehajuja. Hongin ja Kimin (2004) tutkimuksessa vakuumpakkaus yhdistettynä kaasua läpäisevään muovikalvoon säilytti niputettujen pillisipuleiden laadun parhaiten; säilyvyysaika oli tällöin >21 vrk. Pakkaustapa ei vaikuttanut mikrobiologiseen laatuun, kuivumiseen tai väriin, vaan sipulin lahoamiseen ja visuaaliseen huononemiseen.

### 3.10 IDUT

Idut tulee Eviran (2012) mukaan säilyttää mahdollisimman viileässä, alle +4 °C:ssa. Ne säilyvät parista vuorokaudesta pisimmillään viikkoon, ja tänä aikana niitä kannattaa välillä huuhdella vedellä. Idätettäväksi tarkoitetut siemenet tulisi U.S. Food and Drug Administrationin (1999a) mukaan varastoida viileässä, suljetuissa tai peitetyissä astioissa, siementen säilytykseen tarkoitettussa tilassa. Säilytysastiat tulisi sijoittaa erilleen lattiasta sekä seinistä, jotta jyrsijät sekä muut tuhoeläimet eivät pääse helposti kosketuksiin siementen kanssa. Näin helpotetaan myös vahinkoeläinten esiintymisen seuraamista ja torjuntaa (U.S. Food and Drug Administration 1999b).

Bennikin ym. (1998) tutkimuksessa mungpavun ituja käsiteltiin 8 °C:ssa, jatkuvassa typpipitoisessa kaasuvirrassa, jonka koostumus oli 1,5 % O<sub>2</sub>, 20 % CO<sub>2</sub> ja 78,5 % N<sub>2</sub>. Kontrollina oli kaasukoostumus 21 % O<sub>2</sub> ja 79 % N<sub>2</sub>. Enterobakteerit ja *Pseudomonas* hallitsivat mikrobistossa sekä ennen suojakaasusäilytystä että sen jälkeen, kun tutkittavana olivat myös kokonaismesofiilit ja maitohappobakteerit. Tutkimuksessa todettiin, että ekologiset olosuhteet, joissa mikrobit kasvixissa elävät, ovat monimutkaiset. Jacxsensin ym. (1999) tutkimuksessa leikatut ruusukaalin idut säilytettiin typpipitoisessa kaasussa (7 °C, 7 vrk, rei'itetty pakkaus, 2-3 % O<sub>2</sub>, 2-3 % CO<sub>2</sub> ja 94-96 % N<sub>2</sub>). Verrokkina oli ilma. Aistinvarainen laatu (ulkonäkö, maku, haju) lyhensi hyllyikää enemmän kuin mikrobiologinen laatu. Suojakaasu pidensi hyllyikää vähintään 50 %. Ituihin ennen varastointia lisätyssä patogeenisekoituksessa (*L. monocytogenes*, *Aeromonas caviae*, *A. bestiarum*) ei todettu kasvua säilytyksen aikana toisin kuin eräissä muissa kasvixissa.

Francisin ja O'Beirnen (2001a) tutkimuksessa soijapavun idut varastoitettiin 8 °C:ssa 14 vrk ajan polypropeenikalvopakauksessa, jossa oli luonnollisesti kehittyvä kaasukoostumus. Lievään happamuuteen sopeutuminen edisti *L. monocytogeneen* säilymistä varastoinnissa, kun pakkauksessa oli korkea (25 %) CO<sub>2</sub>-pitoisuus (pitoisuus nousi selvästi noin 5 vrk ajan). Patogeenimäärä kasvoi 8 vrk ajan, jonka jälkeen määrä laski lievästi. Myös Francisin ja O'Beirnen (2001b) tutkimus kohdistui soijapavun ituihin. Iduissa oli EHECiä (*E. coli* O157:H7) ja *L. monocytogenesta*. Nämäkin idut oli pakattu polypropeenikalvoon, jossa oli luonnollisesti kehittyvä kaasukoostumus. *L. monocytogeneen* määrä ei muuttunut merkittävästi iduissa 8

°C:ssa. EHECin määrä kasvoi iduissa (1,5-2,5 log-jaksoa) 5 vrk:aan saakka, mutta väheni sen jälkeen (8 °C). Lämpötilan alentaminen 4 °C:ään heikensi patogeeneiden kasvua, mutta ei eliminoinut patogeeneja.

Soylemezin ym. (2001) tutkimuksen mukaan kloorikäsittelyn ja rei'itetyn pakkauksen yhdistelmä voi pidentää sinimailasitujen hyllyikää (kaasukoostumus 5 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub> ja 85 % N<sub>2</sub>, lämpötila 5 °C, säilytysaika 8 vrk). Hiivoja ja homeita oli eniten vakuumiin pakatuissa iduissa ja suojakaasuun pakatuissa, klooraamattomista siemenistä idätetyissä iduissa. Rei'itetyssä pakkauksessa olevien itujen hiiva- ja home määrät eivät juuri kasvaneet varastoinnissa. Jinin ja Leen (2007) tutkimuksessa vakuumi- tai suojakaasukäsittely (CO<sub>2</sub> tai N<sub>2</sub>) ja sitä seuraava kloorikäsittely vähensivät kokonaisesofiliien määrää selvästi mungpavun iduissa, joihin oli siirrotettu *Salmonella Typhimurium* tai *L. monocytogenes*. Säilytysaika oli 5 °C:ssa 7 vrk. Kloorikäsittely vähensi itujen *Salmonella*-määrää 3,0 log pmy/g ja *L. monocytogeneen* määrää 1,5 log pmy/g; saavutetut tasot säilyivät tai pieneneivät vakuumiin tai jompaankumpaan suojakaasuun pakatuissa näytteissä.

# 4 ERILAISTEN KÄSITTELYJEN VAIKUTUS TUOREKASVISTEN LAATUUN

## 4.1 HAPOT

### 4.1.1 Peretikkahappo

**Porkkana** Peretikkahapolla on todettu porkkanassa desinfioivaa vaikutusta (Opatova ym. 2003, Vandekinderen ym. 2009a), joskin osin varauksin (Ruiz-Cruz ym. 2007a). Vaikutukset ravitsemukselliseen laatuun olivat tutkimuksissa pääosin negatiivisia (Ruiz-Cruz ym. 2007b, Vandekinderen ym. 2008b, 2009a). Happokäsittely vähensi porkkanan hengitystä, mikä tulisi ottaa huomioon pakkaamisessa (Vandekinderen ym. 2008a). Peretikkahappotutkimuksia on esitetty liitteen 1 taulukossa 3.

**Salaatti** Peretikkahappokäsittelyn (5 min) on osoitettu vähentävän *L. monocytogenesta* salaatista 1,5 log (Rodgers ym. 2004). Keeratipibulin ym. (2011) tutkimuksessa peretikkahappo (50 ppm) vähensi *E. colia* tomaatista 4,5 log pmy/g ja salaatista 2,5 log pmy/g. Vertailukäsittelynä oli hypokloorihappo (75 ppm), joka vähensi *E. colia* tomaatista 3,1 log pmy/g ja salaatista 1,3 log pmy/g. Hellstrom ym. (2006) tutkivat veden, klooratun veden (100 ppm), peretikkahappoliuoksen (0,05 %) ja kaupallisen sitruunahappopohjaisen tuotteen (0,25 %) tehokkuuta vähentämään *L. monocytogenesta* leikatusta salaatista. Desinfiointi vähensi *L. monocytogenesta* enintään 1,7 log pmy/g. *L. monocytogenesin* määrä kasvoi alkutilanteen eli siirrostuspäivän tasolle 6 vrk varastoinnin aikana 5 °C:ssa.

**Paprika** Chaovaratin ym. (2007) tutkimuksessa viipaloitua paprikaa pestiin peretikkahappoliuoksella ( $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ ), kuivattiin sentrifugissa ja pakattiin muovipakkaukseen. Kaupallisista pakkauksista tuli anaerobeja ja viipaleista ei-hyväksyttäviä 4 vrk:ssa. Viipaleita voitiin varastoida turvallisesti kaasussa, joka sisälsi 3-9 %  $\text{O}_2$  ja 5-9,5 %  $\text{CO}_2$ . Viipaleiden visuaalinen laatu säilyi vähintään 3 vrk 5 °C:ssa ja 9 vrk 0 °C:ssa. Varastointikestävyyttä ja -aikaa rajoittava päätekijä mikrobei'itetyissä pakkauksissa oli erityisesti 5 °C:ssa bakteerikasvu.

**Sipuli** Peretikkahappo ei vaikuttanut Vandekinderenin ym. (2008a) tutkimuksessa olennaisesti purjosipulin hengitykseen 7 °C:ssa. Peretikkahapon vaikutus purjosipulin luontaiseen mikrofloraan on rajallinen (Vandekinderen ym. 2009b), mutta sillä on kuitenkin saavutettu vastaava 1,5 log vähenemä kuin klooridioksidilla, mikä on parempi tulos kuin pelkällä vesikäsittelyllä (Vandekinderen ym. 2009c). Vandekinderenin ym. (2009b) tutkimuksessa peretikkahappoa (25-250 ppm; 1-10 min) käytettiin natriumhypokloriitin korvaajana poistamaan luontaista mikrobifloraa purjosipulista, porkkanasta, salaatista ja kaalista. Peretikkahapon teho eri kasviksiin vaihteli; vaikutukset purjosipuliin olivat pienimmät. Vandekinderen ym. (2009c) tutkivat veden, peretikkahapon (250 mg/l), Na-hypokloriitin (200 mg/l), neutraalin EO-veden ja kaasumaisen klooridioksidin (1,59 mg/l) vaikutusta purjosipulin mikrobiologiseen ja aistinvaraiseen laatuun. Vandekinderenin ym. (2009b,c) tutkimuksissa peretikkahapolla käsitelty tuore sipuli oli ais-

tinvaraisen arvion perusteella kulutukseen kelpaava. Peretikkahappo tosin muutti Vandekinderenin ym. (2009c) tutkimuksessa muutti selvästi kypsennetyn purjosipulin aistinvaraista laatua. Peretikkahappo lisäsi tokoferoleiden tappioita (Vandekinderen ym. 2009c).

#### 4.1.2 Sitruunahappo ja maitohappo

Sitruunahappo (taulukko 3, liite 1) vähensi Kato-Noguchin ja Watadan (1997a) tutkimuksessa porkkanan hengitystä ja voisi siten pidentää hyllykää. Rahmanin ym. (2011) tutkimuksessa sitruunahapolla oli porkkanaan mikrobisidista vaikutusta, joka oli kuitenkin suurempi emäksisen EO-veden ja sitruunahapon yhdistelmäkäsittelyllä. Sitruunahapolla (200 ppm, lisänä 50 ppm kloori) on saatu vähennettyä salaatin reunan ruskistumista, mutta ei lehtien pinnan tummumista (Artes ym. 1999b). Sitruuna- ja askorbiinihappoyhdisteellä on saatu vähennettyä tuoreleikatun sipulin ruskettumista. Park ym. (1999) tutkivat mikrobiologisen laadun ja värin muutoksia (ruskettuminen) sipulissa, joka kastettiin greipinsiemen uutteeseen ja ruskettumisenestoaineeseen, joka koostui sitruuna- ja askorbiinihapoista. Siemeniute esti mikrobikasvua tehokkaasti sipulissa 7 vrk varastointijaksolla, mutta kiihdytti sipulin ruskettumista, joten ruskettumisenestoaine eli happo oli tarpeen.

Maitohapolla todettiin vaikutusta porkkanassa olevaan *Aeromonakseen* Rahmanin ym. (2011) tutkimuksessa. Uyttendaelen ym. (2004) tutkimuksessa paprikassa olevaan *Aeromonakseen* tehosi 1 % ja 2 % maitohappo. Velázquezin ym. (2009) tutkimuksessa maitohappo (0,2 %) vähensi *E. coli* (O157:H7) 2,2 log pmy/tomaatti ja *Y. enterocolitica* 5,1 log pmy/tomaatti.

Akbasin ja Ölmezin (2007) tutkimuksen perusteella maito- ja sitruunahappo sekä otsonoituun veteen kastaminen voisivat olla vaihtoehtona kloorikäsittelylle tuoreiden leikattujen jäävuorisalaattien säilyvyyden pidentämiseksi. Salaattien kosteuspitoisuus ei muuttunut merkittävästi varastoinnin aikana, jos käytettiin pakkauskalvoa. Salaatin kastaminen klooriliuokseen (100 mg/l) vähensi 1,7 log<sub>10</sub> pmy/g mesofiilisten, 2,0 log<sub>10</sub> pmy/g lämpökestoisten bakteereiden ja 1,6 log<sub>10</sub> pmy/g enterobakteerien määriä. Salaatin käsittely sitruunahappo- (5 g/l) ja maitohappoliuoksilla (5 ml/l) sekä otsonoidulla vedellä (4 mg/l) vähensivät 1,7 log<sub>10</sub> pmy/g mesofiilisten ja 1,5 log<sub>10</sub> pmy/g kylmäkestoisten bakteerien määriä. Orgaaniseen happoon kastaminen vähensi mesofiilisten ja kylmäkestoisten bakteerien määriä enemmän kuin otsonoitu vesi ja kloori, kun varastointiaika oli 12 vrk. Maitohappokäsittely vähensi tehokkaasti ja ylläpiti alhaisia enterobakteerimääriä varastoitaessa salaattia 6 vrk. Kloorilla, hapoilla ja otsonoidulla vedellä käsiteltyjen salaattien rakenteessa ja kosteuspitoisuudessa ei todettu merkittäviä muutoksia varastoinnin aikana. Väri sekä β-karoteeni- ja C-vitamiiniarvot alkoivat muuttua merkittävästi vasta kahdeksantena päivänä.

Orgaanisten happojen antimikrobinen vaikutus johtuu useista tekijöistä, mukaan lukien pH:n lasku sekä solun fysiologia ja aineenvaihdunta (Doores 1993). Orgaanisten happojen, jotka sisältävät vain yhden COOH-ryhmän, kuten maitohapon, on todettu olevan vähemmän aktiivisia kuin sellaisien, jotka sisältävät lisä-COOH-ryhmän, kuten sitruunahappo (Poli ym. 1979). Francis ja O'Beirne (2002) havaitsivat, että 10 g/l sitruunahappoliuos vähensi 5 min aikana mesofiilisten populaatioiden määrää salaa-

teissa noin  $1,5 \log_{10}$  pmy/g. Mesofiilisten mikro-organismien määrä kasvoi sitruunahappoon kastetuissa salaattinäytteissä 7 vrk säilytysaikana (3 °C) noin  $3,5 \log_{10}$  pmy/g, joka oli  $1,0 \log_{10}$  pmy/g vähemmän kuin tislattuun veteen kastetuissa salaateissa.

Nogales-Delgadon ym. (2014) tutkimuksessa maitohappo (2,5 g/l) ja pesuveden UVC-säteilytys yhdessä todettiin sekä mikrobiologisen että muun laadun suhteen potentiaalisiksi keinoiksi vähentää salaatin pilaantumista aiheuttavaa bakteerikasvua. Sidesalaatti (romaine) käsiteltiin tutkimuksessa monivaiheisesti. Vaiheet olivat vastaanotto, leikkaaminen, pesu, valutus, huuhtelu, linkous ja pakkaaminen. Salaatit pakattiin 4 °C:ssa suljettuihin polypropeenipakkauksiin, joissa oli passiivinen suojakaasu ympäristö, ja säilytettiin 9 vrk ajan.

## 4.2 VETYPEROKSIDI

Vetyperoksidilla on saatu vähennettyä tehokkaasti taudinaiheuttajien elinkelpoisuutta kokonaisista kasviksista ja hedelmistä, mm. tomaateista, salaateista ja kurkuista (Artés ym. 2007).

**Porkkana** Vetyperoksidia on tutkittu vain vähän porkkanan desinfiointina. Amanatidou ym. (2000) tutkimuksessa porkkanaviipaleiden käsittely 2 min ajan 5 % vetyperoksidiliuoksella lisäsi viipaleiden kiinteyttä ja lisäsi karvaan maun kehittymistä. Vetyperoksidi ei juuri vaikuttanut viipaleiden alkuperäiseen mikrobiflooraan, mutta vähensi jonkin verran enterobakteerien määrää. Opatovan ym. (2003) tutkimuksessa kuorittujen ja leikattujen porkkanoiden kokonaismesofiilien, homeiden ja hiivojen sekä kokonaiskoliformien määrät olivat ennen käsittelyä 4-5 log pmy/g. Vetyperoksidikäsittely (500 ppm, 500 mg/l) tuotti peretikkahappoa heikomman vaikutuksen eli noin 1 log vähenemän kokonaismesofiileihin sekä hiivoihin ja homeisiin. Kokonaiskoliformeihin vaikutus oli merkityksetön. Varastoinnin (2-5 °C, 5 vrk) aikana mikrobien määrä nousi, kuten kaikilla tutkituilla käsittelyillä (kloori ja peretikkahappo), mutta vetyperoksidi tuotti hieman suuremman aleneman kuin peretikkahappo. Myös koliformien määrä oli pienempi kuin ilman desinfiointia. Kloori oli sekä käsittelyn että varastoinnin jälkeen hieman muita desinfiointiaineita tehokkaampi.

**Salaatti** Petersin (1995) tutkimuksessa lehtisalaattiin siirrostettu *Shigella* väheni noin 4 log, kun salaatti oli kastettu vetyperoksidiin ja 2 % tai 5 % etikkahappoon. Käsittelyt aiheuttivat salaattiin selviä aistinvaraisia vikoja.

**Tomaatti** Monet tomaatin ja vetyperoksidin tutkimukset ovat keskittyneet kasvi- ja varastotautien hallintaan. Vetyperoksidilla on saatu pienennettyä tomaattiviipaleiden mikrobimääriä, mutta muun laadun kustannuksella. Kim ym. (2007) tutkivat vetyperoksidin (0,1-0,4 M) vaikutusta tuoreleikattuun tomaattiin, jotka varastoitiin 10 °C:ssa 7 vrk. Vetyperoksidilla käsitellyissä viipaleissa oli 1-5 log verran vähemmän mikrobeja kuin vedellä käsitellyissä. Mitä suurempi vetyperoksidin pitoisuus oli, sitä enemmän se tuhosi mikrobeja. Vetyperoksidi pienensi tomaattiviipaleiden fenolisten aineiden pitoisuuksia 7 vrk:ssa 5 % ja antioksidanttien pitoisuuksia 20 %. Myös C-vitamiinin ja lykopeenin määrät pienenevät.

**Sipuli** Perez-Gregorio ym. (2011b) tutkivat vetyperoksidia (6 %, 5 min, 4 °C) punasipulin viipaleiden hygienisoinnissa. Vetyperoksidi vähensi



merkittävästi sipulin hyödyllisten antosyaanien määriä. Tutkimukseen ei sisällynyt mikrobologisia mittauksia. Flavonoidien määrä väheni kaikissa kemiallisissa käsittelyissä (Na-hypokloriitti, amukiini, vetyperoksidi, Natriumhypokloriitti ja UV-valo), mutta eniten vetyperoksidilla.

**Idut** Vetyperoksidilla on joissakin tutkimuksissa saatu aikaan vastaavaa mikrobeja tuhoavaa vaikutusta iduissa kuin kloorilla (Beuchat 1997, Munoz ym. 2006) ja etanolilla (Beuchat 1997). Tornukin ym. (2011) tutkimuksen mukaan vetyperoksidin teho oli kuitenkin klooria heikompi. Kemiallisten aineiden, myös vetyperoksidin, tehossa on todettu puutteita: Beuchatin (1997) tutkimuksessa siemeniin jäi kemiallisten käsittelyjen jäljiltä patogeeneja ja Munozin ym. (2006) tutkimuksessa kemiallisten käsittelyjen vaikutus ei säilynyt idätyksen aikana. Esimerkiksi Beuchat (1997) tutki kemiallisten käsittelyjen tehoa sinimailasen siementen pinnalle lisätyn *Salmonella*-mikrobikokonaisuuden tuhoamiseen. Seuraavat liuokset olivat tehokkaita ja tuhosivat *Salmonella*-polulaatioita yli 1000-kertaisesti: kalsiumhypokloriitti (1800 µg/ml aktiiviklooria), natriumhypokloriitti (2000 µg/ml aktiiviklooria, 6 % vetyperoksidi tai 80 % etanoli. Elinkykyisiä *Salmonella*-soluja todettiin siemenissä kuitenkin vielä 10 min päästä mainituilla aineilla käsittelyn jälkeen. Puutteellisen tehon arveltiin johtuvan siitä, että kemikaalit eivät pääse riittävässä määrin itujen/siementen koloissa sekä siementen sirkkalehtien ja siemenen pinnan välissä oleviin *Salmonella*-soluihin.

### 4.3 OTSONI

Otsonoitu vesi tuotetaan lisäämällä veteen kaasumaista otsonia kuplivaan muotoon, tai veden elektrolyysillä. Otsonin pitoisuuden ilmoittamistapa ei näytä olevan tutkimusartikkeleissa kovin vakiintunut. Horwitzin ja Cantalejon (2004) kirjallisuuskatsauksen mukaan otsonia on käytetty prosessoituille tuorekasviksille pääasiassa pesuveden mukana. Otsonilla on raportoitu olevan tehoa erityisesti yhdessä muiden hygienisointitekniikoiden kanssa. Jos otsonin pitoisuutta ja käsittelyaikaa ei valita ja ylläpidetä huolella, etenkin herkkiin tuotteisiin, kuten salaattiin, voi tulla esimerkiksi väri- vaurioita. Millerin ym. (2013) kirjallisuuskatsauksen mukaan otsonin edut ovat seuraavat: 1) se on eräs aktiivisimmista ja voimakkaimmista hapettavista yhdisteistä, 2) se hajoaa nopeasti hapeksi jättämättä jäämiä, 3) se ei tuota myrkyllisiä halogeeniyhdisteitä, 4) sen toiminta on hyvin nopeaa ja 5) se tuhoaa monenlaisia mikrobeja. Mikrobien tuhoutumiseen vaikuttavat mikrobin tyyppi, käsiteltävä tuote, orgaanisen aineen määrä ja tyyppi, lämpötila, pH, otsonin pitoisuus ja laatu sekä kontaktiaika.

**Porkkana** Otsonia on tutkittu porkkanan käsittelyssä pääosin 2000-luvulla (liite 1, taulukko 4). Osassa tutkimuksia porkkanoiden käsittelyyn on käytetty otsonoitua vettä, osassa varastotilan ilmaa on otsonoitu. Puolessa tutkimuksista keskityttiin kasvi- ja varastotautien aiheuttajamikrobien hallintaan (Liew ja Prange 1994, Forney ym. 2007, Hassenberg ym. 2008, Hildebrand ym. 2008, Sharpe ym. 2009). Kaikissa näissä tutkimuksissa havaittiin otsonin hyödyllinen vaikutus kyseisiin mikrobeihin, mutta muut porkkanan laatuominaisuudet joko säilyivät ennallaan tai heikkenivät tutkimuksesta riippuen. Otsonilla oli vaikutusta myös muiden mikrobien hallinnassa.

**Salaatti** Salaatin otsinikäsittelyä on tutkittu runsaasti. Otsonikäsittelyn tehokkuus vaihtelee riippuen otsonointimenetelmästä ja salaattityypistä, vaikka käsittelyolosuhteet, kuten lämpötila ja alkuperäiset mikrobimäärät, olisivatkin samankaltaiset (Koseki ym. 2001, Singh ym. 2002, Rodgers ym. 2004). Koseki (2001) raportoivat, että salaatin liotus otsonoidussa vedessä (5 mg/l, 10 min) vähensi aerobisten mesofiilisten mikrobien määrää 1,5 log<sub>10</sub> pmy/g. Rodgers ym. (2004) havaitsivat, että mesofiilinen bakteerien määrä laski revityssä salaatissa otsonoidulla vedellä pesun jälkeen (3 mg/l, 5 min) noin 4,0 log<sub>10</sub> pmy/g. Näiden bakteerien määrä kasvoi varastoinnin aikana (4 °C, 9 vrk) 2,0-3,0 log<sub>10</sub> pmy/g.

Ölmezin ja Akbasin (2009) tutkimuksessa lämpötilalla (10-26 °C) ei ollut merkitsevää vaikutusta otsonikäsittelyn tehokkuuteen salaatissa. Otsonipitoisuudet olivat 0,5-4,5 ppm, käsittelyajat 0,5-3,5 min ja tutkittavana mikrobina *L. monocytogenes*.

Kimin ym. (1999a) tutkimuksen mukaan kuplitetun otsonin käyttö on todennäköisesti tehokkaampi kuin pelkkä salaatin kastaminen otsonoituun veteen. Kun vettä kierrätetään vihannesten prosessoinnin aikana, veteen todennäköisesti kertyy likaa ja mikrobikontaminantteja. Siksi otsonikäsittely voi olla tehoton tavanomaisessa vihannestenjalostusympäristössä. Kim ym. (1999b) pesivät silputtua salaattia otsonoidulla vedellä (1,3 mM otsonia, virtausnopeus 0,5 l/min). Kokonaisbakteerimäärät vähenivät noin 2 log pmy/g. Kun otsonia (1,3 mM) kuplitettiin 3 minuuttia seoksessa, jossa oli silputtua salaattia ja vettä, mesofiilisten ja kylmäkestoisten bakteerien määrät pienenevät 1,4 ja 1,8 log pmy/g. Mikro-organismien määrät salaatin toisessa erässä pienenevät 5 min otsonikäsittelyn aikana vastaavasti 3,9 ja 4,6 log. Pesemällä silputtua salaattia vain vedellä kokonaispesäkemäärä vähentyi 0,74-1,0 log pmy/g. Achen ja Yousef (2001) totesivat, että käytännössä 5 minuutin käsittelyaika tuoretuotteiden pesemiseksi olisi teollisuuslaitoksissa todennäköisesti epäkäytännöllistä.

Nopea sekoitus otsonointiprosessin aikana paransi Kaessin ja Weidemannin (1968) mukaan selvästi otsonin kykyä inaktivoida mikroorganismeja salaatista. Ultraääni ja ravistelu tehostivat otsonin desinfiointikykyä verrattuna alhaisella nopeudella tehtyyn sekoitukseen.

Yukin ym. (2006) tutkimuksessa otsonikäsittely yhdistettynä orgaaniseen happokäsittelyyn oli tehokkaampi vähentämään tutkittujen patogeeniin (*E. coli* O157: H7 ja *Listeria monocytogenes*) mikrobipopulaatioita salaatissa kuin pelkästään otsonikäsittely. Yhdistelmäkasittelyn antimikrobinen vaikutus ei kuitenkaan säilynyt varastoinnin aikana. Tutkitut otsonin pitoisuudet olivat 1, 3 ja 5 ppm, vaikutusajat 0,5, 1, 3 tai 5 min. Lisäksi tutkittiin 3 ppm otsonin ja 1 % orgaanisen hapon (etikka-, sitruuna- tai maitohappo) yhteisvaikutusta 1 min käsittelyssä. Salaatit varastoitiin 15 °C:ssa 10 vrk ajan. 5 ppm, 5 min otsonikäsittely pienensi *E. coli* -määrää 1,09 log ja *L. monocytogenesin* määrää 0,94 log. Vähenemät olivat merkityksettömät verrattuna 3 ppm, 5 min otsonikäsittelyyn. 3 ppm otsonikäsittely yhdistettynä 1 % sitruunahappokäsittelyyn (1 min) vähensi *E. coli* -määrää 2,31 log ja *L. monocytogenesin* määrää 1,84 log. 10 vrk varastoinnin aikana (15 °C) *E. coli* ja *L. monocytogenesin* määrät suurensivat noin 9,0 log pmy/g.

**Tomaatti** Chaidezin ym. (2007) ja Yaunin ym. (2004) mukaan mm. otsonilla pystytään vähentämään tomaattien pintojen, mutta ei sisempien osien kontaminaatiota. Aguayo ym. (2006) tutkivat syklisesti (30 min välein joka kolmas tunti) lisättyä otsonikaasua kokonaisille ja viipaloiduille tomaatteille. Verrokkina olivat ilmavirralla käsitellyt tomaatit. Tomaatteja varastoi-

tiin 5 °C:ssa 15 vrk. Otsonikäsitellyillä kokonaisilla ja viipaloituilla tomaateilla oli suuremmat sokeri- ja orgaanisten happojen (askorbiinihappo ja fumaari) pitoisuudet kuin verrokeilla. Otsoni säilytti kokonaisten tomaattien solukon kiinteämpänä kuin verrokeilla, mutta otsoni ei vaikuttanut viipaloitujen tomaattien solukon kiinteyteen. Otsonikäsitellyillä viipaleilla oli hyvä ulkonäkö ja yleinen laatu, mutta aromikkuus kärsi. Otsoni vähensi selvästi mikrobimääriä ja oli huomattavasti tehokkaampi bakteereille (vähenemä 1,1-1,2 log<sub>10</sub>-yksikkö) kuin homeille (0,5 log<sub>10</sub>-yksikköä). Vaikutus mikrobeihin kasvoi, kun varastointiaikaa pidennettiin ja otsonoinnin tehoa suurennettiin. Otsoni ei aiheuttanut sivumakua viipaloituihin ja kokonaisiin tomaatteihin.

Aguayo ym. (2014) suosittelivat tomaattiviipaleiden pesemistä 0,4 mg/l otsonoidulla vedellä 3 min ajan. Pidempi käsittelyaika ei parantanut mikrobiologista laatua (mesofiiliit, psykrotrofit ja hiivat). Otsoni ei vaikuttanut viipaleiden happamuuteen ja useisiin muihin ei-mikrobiologisiin laatuominaisuuksiin, joihin kuitenkin tuli muutoksia varastointiaikana. Ulkonäön, maun ja yleisen laadun heikkeneminen ei mahdollistanut 14 vrk hyllykää, vaan viipaleiden laatu säilyi 5 °C:ssa hyväksyttävänä 10 vrk ajan.

Otsonia on tutkittu myös patogeenien vähentämiseen tomaatin siemenistä (Trinetta ym. 2011).

**Kurkku** Skogin ja Chun (2001) tutkimuksessa otsonimäärä 0,04 µl/l saattoi pidentää siemenettömien kurkkujen säilyvyyttä 3 °C:ssa, kun taas 10 °C:ssa otsonin vaikutus säilyvyyteen oli olematon. Kurkut kuitenkin kuivuivat liikaa 3 °C käsittelyssä.

**Idut** Otsonin käyttöä itujen hygienian edistämiseksi on tutkittu jonkin verran 2000-luvun alussa ja jälleen 2010-luvun alussa. Otsoni on ollut vesiliuoksessa tai sitä on kohdistettu siemeniin tai ituihin jatkuvalla kuplitusmenetelmällä. Otsonilla on periaatteessa voimakas biosidinen vaikutus (Sharma 2002a), mutta tutkimusten mukaan se ei tuhonnut riittävän tehokkaasti sinimailasen siemenistä ja iduista EHEC:ä (Sharma ym. 2002a, 2002b, 2003, 2004; Singh ym. 2003), *L. monocytogenes* (Wade ym. 2003) eikä *Shigellaa* (Singla ym. 2011). Otsonointi voidaan yhdistää muihin käsittelyihin, jotka voivat tehostaa otsonikäsittelyn vaikutusta mikrobien tuhoamisessa (Singh ym. 2003, Sharma ym. 2004, Singla ym. 2011).

Otsonikäsittely ei useissa tutkimuksissa heikentänyt sinimailasen siementen itävyyttä (Sharma ym. 2002a, b, 2004; Singh ym. 2003). Singlan ym. (2011) tutkimuksessa otsonikäsittely ei heikentänyt itujen ravitsemuksellista laatua. Sharman ym. (2003) tutkimuksessa otsonikäsittely ei heikentänyt sinimailasen itujen visuaalista laatua, mutta Waden ym. (2003) tulosten mukaan itujen aistinvarainen laatu heikkeni käsittelyä seuraavalla varastointijaksolla. Itujen pintaan aiheutui Waden ym. (2003) tutkimuksessa vaurioita, jotka voivat heikentää desinfiointiaineiden tehoa iduissa oleviin patogeeneihin.

Warriner ym. (2005) sekä Trinetta ym. (2011) tutkivat vihannesten kasvattamiseen tarkoitettujen, eivät siis idätettyinä syötävien siementen dekontaminoimista. Vaikka nämä tutkimukset eivät liitty suoraan ituihin, ne antavat viitteitä siitä, että patogeenien selviytyminen ja dekontaminatiotekniikoiden teho eri kasvien siemeniin vaihtelevat sekä kasvin että patogeenin mukaan. Warrinerilla ym. (2005) kasveina olivat selleri, korianteri, salaatti, pinaatti ja vesikrassi, mikrobeina *E. coli* ja *L. monocytogenes* ja dekontaminaatiotekniikoina otsonikaasu, hapan natriumkloriitti ja kvaternääristä ammoniumsuolasta tehty valmiste. Mikään käsittely ei inaktivoinut *E.*

*colia* salaatin tai pinaatin siemenistä, mutta kasvin kasvaessa dekontaminoiduista siemenistä kasvatettujen kasvien *E. coli* –määrät laskivat dektiorajan alle. *E. coli* säilyi esimerkiksi salaatin ja pinaatin lehtien pinnalla, vaikka kasvatukseen oli käytetty siemeniä, joihin ei ollut lisätty patogeeneja. Toisaalta *E. coli*in määrät laskivat progressiivisesti sellerissä ja vesikrassissa riippumatta siemenen dekontaminaatiotekniikasta. *L. monocytogenes* ei todettu mistään taimesta luultavasti siksi, että kasvin oma mikrobisto oli hallitseva. Tulosten perusteella salaattivihanneksiin ja yrtteihin liittyvien patogeeniriskien vähentämiseksi pitäisi harkita tehokkaita tilatason seurantajärjestelmiä, kuten siementen dekontaminaatiota. Trinettalla ym. (2011) kasveina olivat tomaatti, salaatti ja cantaloupe-meloni, mikrobeina *Salmonella enterica* ja EHEC (*Escherichia coli* O157:H7) ja dekontaminaatiotekniikoina klooridioksidikaasu, otsonikaasu ja säteilytys. Kaikki käsittelyt vähensivät selvästi siementen patogeenimääriä. Erityisesti otsonikaasukäsittely oli tehokas: vähenemä oli 4 log pmy/g. Otsoni ei heikentänyt siementen itävyyttä. Ei-termisten tekniikoiden tehoa siementen bakteerien hallinnassa pidettiin lupaavana.

**Kasvisten pesuvesi** Selma ym. (2008a) tutkivat mm. porkkanaa ja tuoreleikattua sipulia sekä kasvisten pesuvettä, joita käsiteltiin UV-valolla, otsonoimalla (3-24 g/m<sup>3</sup>, 10-80 mg/min, 20 min) tai molemmilla tavoilla yhdessä. Ennen käsittelyä sipulin pesuveden mikrobimäärät, sameus ja COD suurenvat 2 h pesun aikana eniten. Otsoni vaikutti tehokkaasti pesuveden kokonaismesofiilien määrään, kun taas vaikutus kokonaiskoliformeihin, homeisiin ja hiivoihin oli vähäinen. Otsonin mikrobeja, etenkin mesofiilejä, koliformeja, homeita ja hiivoja vähentävä vaikutus oli heikoin sipulin pesuvedessä, mikä saattoi johtua suuresta sameudesta ja erityisesti CODista. Otsonin ja UV-valon yhdistelmä oli tehokkain mikrobien vähentämisessä sipulin pesuvedestä, ja pelkkä otsoni oli tehokkaampi kuin pelkkä UV. Otsoni vähensi veden sameutta ja CODia, UV ei.

## 4.4 ELEKTROLYSOITU VESI (EO)

Elektrolysoidussa happamassa vedessä on 10-60 ppm vapaata klooria. Vahvasti hapan (pH 2-3) elektrolysoitu vesi tuotetaan elektrolysoimalla <0,2 % NaCl-liuosta, jolloin Cl<sub>2</sub>:n ja vesi reagoivat. Heikosti hapan (pH 5-6,5) elektrolysoitu vesi tuotetaan elektrolysoimalla natriumkloridia tai vetykloridia (Izumi 2007). Happaman EO-veden on osoitettu olevan vihannesten käsittelyssä tehokkaampi kuin otsonoitu vesi (Koseki ym. 2001) ja vastaava tai tehokkaampi kuin kloorattu vesi, jolla on mm. sama pH ja aktiiviklooripitoisuus (Park ym. 2001, Kim ym. 2003).

**Porkkana** Tutkittujen EO-vesien pH vaihteli happamasta emäksiseen (liite 1, taulukko 5). Neutraalilla EO-vedellä todettiin porkkanassa mikrobikasvua hillitsevää vaikutusta (Izumi 1999), mutta kaikki tulokset eivät ole olleet yhtä rohkaisevia (Vandekinderen ym. 2008b). Myös hieman happamalla (Koide ym. 2011) sekä happamalla ja emäksisellä EO-vedellä (Rahman ym. 2011) on todettu mikrobikasvua hillitsevää vaikutusta. Kosekin ja Itohin (2000a) tutkimuksessa hapan elektrolysoitu vesi (pH <2,7) vähensi salaatin, kaalin ja raastetun porkkanan mikrobimääriä 1:10:sta 1/100:aan 10 min käsittelyssä. Teho oli sama kuin Na-hypokloriittiliuoksella, jossa oli aktiiviklooria 150 ppm. Lämpötilan nostaminen tehosti EO-veden vaikutus-

ta (Koide ym. 2011, Rahman ym. 2011). Izumin (1999) tutkimuksessa EO-veden levitystekniikka porkkanoiden pintaan ja Rahmanin ym. (2011) tutkimuksessa kasto aika vaikuttivat desinfiointitulokseen. Kosekin ja Itohin (2000a) tutkimuksessa käsittelyn pidentäminen ei kuitenkaan parantanut happaman EO-veden mikrobisidista tehoa. Rahmanin ym. (2011) tutkimuksessa sitruunahapon ja EO-veden yhdistelmä vaikutti mikrobeihin enemmän kuin pelkkä EO-vesi. Merkittäviä haittavaikutuksia porkkanan muuhun laatuun ei ole kaikissa tutkimuksissa todettu (Izumi 1999, Koseki ja Itoh 2000a, Vandekinderen ym. 2008a, Koide ym. 2011), mutta Vandekinderen ym. (2008b) havaitsivat joitakin vaikutuksia aistinvaraiseen laatuun. Kosekin ja Itohin (2001) mukaan 10 min käsittely happamalla elektrolysoidulla vedellä vähensi porkkanan  $\beta$ -karoteenipitoisuutta noin 30 %, mutta laadun muutoksia tapahtui myös vedellä ja Na-hypokloriitilla.

**Salaatti** Elektrolysoidulla vedellä pitoisuudessa 30 ppm (pH 2,6) on todettu vastaava bakteereja tuhoava vaikutus kuin klooratulla vedellä (150 ppm, pH on 9,3) (Koseki ym. 2001). Kim ym. (2006) havaitsivat, että otsonoitu vesi yli 5 ppm pitoisuudessa vaurioitti salaatin lehtien pintarakennetta. Koseki ja Isobe (2006) havaitsivat, että jäävuorisalaatti alkoi ruskistua nopeasti, kun sitä oli käsitelty 10 ppm otsonoidulla vedellä, mutta 3 ja 5 ppm pitoisuudet eivät aiheuttaneet salaatin ulkonäköön muutoksia.

**Tomaatti** Deza ym. (2003) tutkivat neutraalin elektrolysoidun veden (89 mg/l aktiiviklooria) tehoa vähentää *E. coli* O157:H7 sekä ei-patogeenista *E. coli*, *Salmonella* Enteritidisiä ja *L. monocytogenes* tomaatin pinnalla. Sekä 30 s että 60 s pituiset käsittelyt vähensivät tomaatin pinnan mikrobimäärät alkuperäisestä noin 5 log pmy/cm<sup>2</sup>:sta alle 1 log pmy/cm<sup>2</sup>:een. Tomaatin aistinvaraiset ominaisuudet eivät heikentyneet.

**Kurkku** Koseki ym. (2004) tutkivat elektrolysoidun ja otsonoidun veden sekä natriumhypokloriittiliuoksen tehokkuutta kurkkujen mikrobiologisen kontaminaation vähentämiseen. Kaikilla menetelmillä saatiin pienennettyä mikrobimääriä, EO-vesi oli menetelmistä tehokkain. Kosekin ym. (2004) tutkimuksessa kurkut käsiteltiin muun muassa EO-vedellä (pH 2,6, ORP 1130 mV, vapaata klooria 30 mg/l) 5 minuutin ajan. Käsittely vähensi aerobisten mesofiilisten määrää, ja yhdistelmäkäsittelyllä saavutettiin ainakin 2 log pmy/kurkku suurempi väheneminen kuin 10 minuutissa pelkällä EO-vedellä (30 mg/l vapaata klooria), otsonoidulla vedellä (5 mg/l otsonia) tai natriumhypokloriittiliuoksella (NaOCl, 150 mg/l vapaata klooria). Hapan EO-vesi ei aiheuttanut muutoksia kurkun ulkonäköön. Hapan EO-vesi ja kloori yhdessä vähensivät aerobisten mesofiilisten bakteerien lukumäärää kurkusta 1,4 ja 1,2 log<sub>10</sub> pmy/kurkku. Happaman ja pelkistetyn EO-vesikäsittelyn yhdistelmällä (5 min + 5 min) aerobisten mesofiilisten bakteerien määrä väheni 2,1 log<sub>10</sub> pmy/kurkku.

**Sipuli** Park ym. (2009) tutkivat happaman EO-veden tehoa patogeenisiin (*E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *L. monocytogenes*) vihersipulien ja tomaattien pinnalla. Häiritsevä aineena oli naudan seerumi. Käsittely kesti 15 s - 5 min. Kokonaiskloorijäämä pieneni suhteessa seerumimäärän lisäämiseen. Myös EO-veden bakteriosidinen teho heikkeni häiritsevän aineen eli seerumikonsentraation kasvaessa, kun ilman seerumihäirintää EO-vesi vähensi patogeenimäärät 3 minuutissa alle detektorajan. Vandekinderen ym. (2008) tutkimuksessa neutraali EO-vesi (30 mg/l vapaata klooria) vähensi purjosipulin hengitystä 7 °C:ssa (3 % O<sub>2</sub>). Vandekinderen ym. (2009c) tutkimuksessa neutraalin EO-veden vaikutus purjosipulin luontaiseen mikrofloraan ei juuri eronnut vesikäsittelyn vaiku-

tuksesta. Käsittely ei olennaisesti vaikuttanut purjosipulin aistinvaraiseen laatuun, mutta lisäsi violaksantiinin (eräs hapettunut karoteinoidilaji) tappioita.

**Idut** Elektrolysoidusta vedestä itujen hygienisoinnissa löytyi muutama tutkimus 2000-luvulta. Tutkimuksissa on yhtä (Issa-Zacharia ym. 2011) lukuun ottamatta käytetty hapanta elektrolysoitua vettä. Sinimailaisen siemenet ja idut ovat olleet yleisin, mutta eivät ainoa tutkimuskohde. Osassa tutkimuksia EO-vesi on ollut yksi yhdistelmäkäsittelyn osa (Bari ym. 2003, Kim ym. 2003, Kim ym. 2006). Tutkimustulokset EO-veden vaikutuksesta patogeeneiden tuhoamiseen ja siemenen itävyyteen ovat vaihtelevia. Osassa tutkimuksista hapant EO-vesikäsittely tehosi patogeeneihin (Zhang ym. 2011), mutta osassa ei tuhonnut bakteereja riittävästi (esim. Kim ym. 2006). Issa-Zacharia ym. (2011) pitivät tutkimuksensa perusteella lähes neutraalia EO-vettä ja Zhang ym. (2011) heikosti hapanta EO-vettä potentiaalisena itujen hygienisointikäsittelynä. Yhdistelmäkäsittely on ollut usein tehokkaampi kuin pelkkä EO-vesikäsittely (Kim ym. 2003, Kim ym. 2006), mutta yhdistelmäkäsittelytkään eivät kaikissa tapauksissa olleet tuloksellisia (Bari ym. 2003). Siementen itävyys saattaa säilyä ennallaan (Stan ja Daeschel 2003, Zhang ym. 2011) tai heiketä (Sharma ja Demirci 2003). Siemenkuori häiritsee EO-veden tehoa bakteereihin (Kim ym. 2003). EO-veden pääsyyn siemeneen vaikuttaa myös siemenen sisäinen kaasukoostumus (Stan ja Daeschel 2003).

## 4.5 LÄMPÖKÄSITTELY

**Porkkana** Lämpökäsittely liittyy keskeisesti kypsennykseen ja osin myös säilöntään, joita ei käsitellä tässä katsauksessa. Lämpökäsittelyä on kuitenkin käytetty myös tuoreporkkanalle (liite 1, taulukko 6), usein yhdistettynä muuhun käsittelyyn, esim. sitruunahapon (Bolin ja Huxsoll 1991, Carrasco ja Cisneros-Zevallos 2002), kalsiumlaktaatin (Rico ym. 2007b) tai deionisoidun veden, Na-hypokloriitin sekä EO-veden käyttöön (Rahman ym. 2011). Lämpökäsittely voidaan tehdä kuumalla vedellä, höyryllä tai ilman avulla. Lämpökäsittelyjen avulla on vähennetty porkkanan valkoisuutta (Bolin ja Huxsoll 1991, Bolin 1992, Carrasco ja Cisneros-Zevallos 2002, Gan-Mor ym. 2011) ja varastotautien aiheuttamaa tappiota (Afek ym. 1999, Gan-Mor ym. 2011) sekä parannettu porkkanan mikrobiologista laatua (Klaiber ym. 2005b, Alegria ym. 2009 ja 2010, Rahman ym. 2011). Toisaalta voimakas lämpökäsittely ei Opatovan ym. (2003) tutkimuksessa vaikuttanut porkkanan mikrobimääriin. Lämpökäsittelyn on todettu joko säilyttävän tai parantavan (Correia ym. 2005, Rico ym. 2007b, Gan-Mor ym. 2011) tai heikentävän (Opatova ym. 2003) porkkanan rakennetta ja/tai aistinvaraista laatua. Vaikutukset ravitsemukselliseen laatuun olivat Rawsonin ym. (2010) tutkimuksessa vastakkaiset käsittelylämpötilasta riippuen.

**Lanttu** Ryöppäys ja korkeapainekäsittely (600 MPa, 20 °C) todettiin Clarian ym. (2011) tutkimuksessa potentiaalisiksi käsittelyksi lantun laatuominaisuuksien (väri, rakenne/tuntu, antioksidanttiaktiivisuus ja glukosinolaattiprofiili) säilyttämisessä. Tutkimukseen ei sisällynyt mikrobiologisia mittauksia.

**Salaatti** Lämpökäsittely ei ole salaatile sen rakenteen vuoksi luontevin käsittelymenetelmä. Käsittelyn vaikutus voi olla mikrobien suhteen jopa haitallinen, joidenkin tutkimusten mukaan taas positiivinen.

Lin ym. (2002) tutkimuksessa lämpimään veteen (50 °C, 90 s) kastetun salaatin *Listeria*-määrä oli 10 varastointipäivän jälkeen 2,3 log suurempi kuin käsittelemättömän salaatin. Vastaavaa havaitsivat Li ym. (2001) salaattiin siirrostetulla *E. coli*lla (O157: H7).

Delaquis ym. (1999) käsitelivät suikaloitua salaattia lämpimällä (47 °C), klooratulla vedellä (100 µg/ml). Alkuperäinen mikrobimäärä väheni noin 3 log pmy/g, kun se 4 °C:ssa väheni vain 1 log pmy/g. Wei ym. (2005) pesivät jäävuorisalaattia happamalla (pH 4,6-6), lämpimällä (45-50 °C) vedellä 2-5 min ajan. Salaattia varastoitui 4 °C:ssa 13 vrk. Aistinvarainen laatu korreloi värinmittausten ja kiinteyden kanssa. Väri, rakenne ja yleinen visuaalinen laatu puolestaan korreloivat tuotteen hyväksyttävyyden kanssa. Kokonaisbakteerien määrä väheni 0,9-2,9 log pmy/g ja enterobakteerien määrä 0,8-3,7 log pmy/g. Vaikutus säilyi 4 °C:ssa 7 vrk varastoinnin ajan.

**Paprika** Suuri osa tutkimuksista on kohdistunut kokonaisuun paprikoihin (Fallik ym. 1996 ja 1999, Wang 2000, Raffo ym. 2007, Sakaldas ja Kaynas 2010, Ilıc ym. 2012). Fallikin ym. (1996) tutkimuksessa paprikan kastaminen 50 °C veteen 3 min ajaksi esti kokonaan tai vähensi merkittävästi *Botrytis cinerea*n aiheuttaman harmaahomeen ja *Alternaria alternata*n aiheuttaman mustahomeen tuottamaa pilaantumista. Kuuma vesi vaurioitti paprikan pintaa, jos kastaminen 50 °C:ssa kesti 5 min tai 55 °C:ssa 1 min tai kauemmin. Fallikin ym. (1999) tutkimuksessa, jossa paprikaa käsiteltiin monivaiheisella menetelmällä, ihanteellisimmat huuhtelukäsittelyt (55 °C ja 12 s) paransivat merkittävästi paprikan yleistä ulkonäköä, vähensivät pilaantumista ja säilyttivät hedelmän kiinteyden. Huuhdellun paprikan soluhengitys oli selvästi vähäisempää kuin käsittelemättömän. Vaikutus säilyi kaupallisen mittakaavan kokeessa, johon sisältyi kuljetus Israelista Englantiin sekä varastointi. Pyyhkäisyelektronimikroskooppitutkimuksen (SEM) mukaan huuhtelu poisti paprikan pinnalta likaa, pölyä ja sieni-itiöitä. Mikroskooppisen pienet kuoren pinnan vauriot tiivistyivät, mikä edisti hedelmien säilymistä. Raffon ym. (2007) tutkimuksessa pakkaaminen esti paprikan kuivumista ja säilytti sen kiinteyden. Pakkaaminen ja kuumavesikäsittely (53 °C, 4 min) eivät kokonaisuutena merkittävästi heikentäneet useimpia tutkittuja laatuominaisuuksia (fysikaaliset: massa, kiinteyden; rakenteelliset ominaisuudet: sokerit, orgaaniset hapot, askorbiinihappo, fenoliset yhdisteet ja karotenoidit).

Silputtuja paprikoita ovat tutkineet Raffo ym. (2008), mutta tutkimuksessa ei ollut mikrobiologiaa mittauksia. Tutkittavina olivat klooriliuokseen kastetut, huuhdellut ja kuivatut, PS-alustalle asetetut, PVC-kalvolla suojatut paprikaviipaleet. Osa viipaleista oli ennen pakkaamista kastettu kuumaan (53 °C, 4 min) veteen, jäähdytetty ja kuivattu. Säilytys tapahtui 4 °C:ssa tai 8 °C:ssa 9 vrk ajan. Massanmenetys oli varastoinnin lopussa 4 °C:ssa alle 3 % ja 8 °C:ssa alle 10 %. Sokereiden (glukoosi ja fruktoosi) pitoisuus kasvoi selvästi (11 %) 8 °C:ssa, mikä johtui kuivumisen aiheuttamasta konsentroimisesta. Orgaanisten happojen (sitruuna- ja omenahappo) pitoisuudet suurensivat 23 % (8 °C) ja 17 % (4 °C). Askorbiinihapon määrä väheni hiukan. Karotenoidit akkumuloituivat 8 °C:ssa, vähenivät 4 °C:ssa säilytetyissä paprikoissa. Kuumavesikäsittely ei vaikuttanut orgaanisten happojen metaboliaan eikä voimistanut askorbiinihapon hajoamista, mutta

esti fenolien ja karotenoidien akkumuloitumista 8 °C:ssa säilytetyissä paprikoissa. Wangin (2000) tutkimuksessa vihreät paprikat kastettiin kuumaan veteen (50 °C, 2 min), leikattiin pieniksi viipaleiksi ja asetettiin 1 l polystyreenirasioihin. Kontrollina oli ei-kuumakäsitelty paprika. Heikkenemistä 5 °C:ssa säilytettäessä ilmeni ei-kuumakäsitellyissä viipaleissa 10 °C:ssa 10 vrk jälkeen ja 15 °C:ssa 6 vrk jälkeen, kun taas kuumavesikäsitellyissä viipaleissa vastaavat säilyvyysajat olivat 14 vrk ja 10 vrk. Kokonaisantioksidanttiaktiivisuutta kuvaavaan happiradikaaliabsorbanssikapasiteettiin kuumavesikäsitelyn vaikutus oli vähäinen.

**Sipuli** Suurin osa sipulin lämpökäsittelytutkimuksista on kohdistunut vihersipuliin ja muutama purjosipuliin. Poikkeuksena ovat Siddiq ym. (2013), jotka tutkivat tuoreleikattuja sipuliviipaleita, joiden kokonaisfenolipitoisuuteen ja massan alenemaan kuumennus vaikutti, mutta antioksidanttiaktiivisuuteen tai väriin ei. Vihersipulin lämpökäsittelyllä on hillitty varastoitujen sipuleiden varren jälkikasvua (Hong ym. 2000, Cantwell ym. 2001). Lämpökäsittely vähensi liukoisten sokereiden alenemaa (Hong ym. 2000) ja lisäsi hengitystä, mutta ei vaikuttanut visuaaliseen laatuun (Cantwell ym. 2001) vihreässä sipulissa. Cantwellin ym. (2001) tutkimuksessa lämminvesikäsitely vähensi luontaisten mikrobien määrää vihersipulissa, mutta Kimin ym. (2005) tutkimuksessa vastaava vaikutus oli merkityksetön. Durak ym. (2012) totesivat UV-valon, kloorin ja lämmön lupaavaksi yhdistelmäksi patogeenien hallinnassa vihersipulin pintakontaminaation osalta, mutta käsittelyn teho oli sipulin sisäosan osalta heikko.

Purjosipulin lehtien jälkikasvua on saatu hillittyä 50–55 °C lämpökäsittelyllä (Tsouvaltzis ym. (2006b ja 2007). Lämpökäsittelyn vaikutus purjosipulin massa- ja värin muutokseen ei ole näiden kahden tutkimuksen perusteella yksiselitteinen. Tsouvaltzis ym. (2006b) käsitelivät purjosipulia (*Allium porrum* L.) kuumalla vedellä (50 °C, 0–60 min; 52,5 °C, 0–35 min; 55 °C, 0–20 min tai 57,5 °C, 0–15 min), minkä jälkeen näytteet jäähdytettiin, leikattiin 22 cm pituisiksi ja varastoituihin 4 °C:ssa 9 vrk. Kuumavesikäsiteltyt 50 °C:ssa 40–60 min, 52,5 °C:ssa 25–35 min, 55 °C:ssa 17,5–20 min ja 57,5 °C:ssa 10–15 min hillitsivät tehokkaasti lehden jälkikasvua varastointiaikana. Nämä käsittelyt kuitenkin alensivat näytteiden massaa selvästi enemmän kuin käsittelemättömissä. Kuuma vesi vaikutti purjon väriin vain vähän. Tsouvaltzis ym. (2007) käsitelivät 50 cm pituiseksi katkottua purjosipulia (*Allium ampeloprasum* L. var. *porrum*) 55 °C lämmöllä 17,5 min ajan, minkä jälkeen näytteet lyhennettiin 22 pituisiksi; osasta poistettiin 2 cm alaosa. Näin saadut näytteet varastoituihin 10 °C:ssa 7 vrk. CO<sub>2</sub>- ja etyleenipitoisuudet noudattivat muilla kasviksilla todettua vauriolähtöistä mallia. Varren alaosan poistaminen ei vaikuttanut olennaisesti hengitykseen, mutta kuumennuskäsittely lisäsi hengitystä ja hillitsi etyleenin tuotantoa. Näytteiden väri muuttui hieman varastoinnin aikana, mutta lämpökäsittely vähensi värin muutoksia. Varren alaosan poistaminen vähensi, mutta ei kokonaan estänyt lehtien jälkikasvua. Lisäksi varren alaosan poistaminen alensi varastointiajan lopussa mitattua kuiva-aineen, liukoisten kokonaisfenolien ja tiosulfinaatin pitoisuuksia sekä antioksidanttikapasiteettia. Varren alaosan poistaminen yhdistettynä lämpökäsittelyyn hillitsi tehokkaasti lehden jälkikasvua, mutta suurensivat tuoremassaa ja alensivat tiosulfinaattipitoisuutta.

**Idut** Sharman ym. (2002a) tutkimuksessa otsonilla käsiteltyjen siementen lämpökäsittely 60 °C:ssa vähensi siementen patogeenimäärän (luonnostaan *Salmonella* Mbandaka) maljaviljelyllä alle detektorajan (4–4,8



log<sub>10</sub> pmy/g), mutta rikastamalla todettiin eloon jääneitä patogeeneja. Suslowin ym. (2002) tutkimuksessa käsittely kuumassa vedessä (≤85 °C, 1 min) ei eliminoinut sinimailasen siemenistä patogeeneja, kun taas hypoklooriittikäsittelyt tuhosivat siemenistä *Salmonellan*. Weissin ja Hammesin (2003) tutkimuksessa seuraavat käsittelyt vähensivät mungpapujen *Salmonella*-määrää yli 5 log itävyyden heikkenemättä: 55 °C/20 min, 60 °C/10 min, 70 °C/5 min ja 80 °C/2 min. Weissin ja Hammesin (2005) tutkimuksessa seuraavat käsittelyt vähensivät eri siementen *Salmonella*- ja *E. coli*-määriä yli 5 log itävyyden heikkenemättä: mungpapu 2–20 min, 55–80 °C; retiisi ja sinimailanen 0,5–8 min, 53–64 °C. Hun ym. (2004) tutkimuksessa mungpavun siemenille, joihin oli siirrostettu *Salmonella* ja EHEC (*E. coli* O157:H7), tehtiin pitkä kuumennuskäsittely (55 °C, 1-7 vrk). Kuumennuksen jälkeen patogeenimäärät olivat alle detektorajan (<1 log pmy/g). 3 vrk idätyksen aikana patogeenimäärät kasvoivat alle 4 vrk kuumennuskäsittelyissä siemenissä, kun taas pidempään eli 4 vrk ja sitä kauemmin käsiteltyissä ei todettu patogeenikasvua.

Vaikka patogeeneja saataisiin tuhottua, siementen itävyys heikkenee helposti lämpökäsittelyssä (Jacquette ym. 1996, Nelson ym. 2002, Scouten ja Beuchat 2002, Suslow ym. 2002), vaikkakaan kaikissa tutkimuksissa näin ei käynyt (Sharma ym. 2002a, Hu ym. 2004). Jaquetten ym. (1996) tutkimuksessa, jos lämpötila oli 10 minuutin ajan yli 54 °C, sinimailasen siementen itävyys heikkeni huomattavasti. Käsittely 57 °C:ssa ja 60 °C:ssa 5 min tuhosi *Salmonellan* heikentämättä itävyyttä. Siementen varastointi 8 ja 9 viikkoa 21 °C:ssa vähensi *Salmonellan* määrää 1 log<sub>10</sub> (8 vkoa) ja 2 log<sub>10</sub> pmy/g (9 vkoa). Jos siemenissä on *Salmonellaa*, määrät voivat nousta idätyksen aikana yli 10<sup>7</sup> pmy/g:öön. Nelsonin ym. (2002) tutkimuksessa sinimailasen siemeniin siirrostettiin *Salmonella*, EHEC (*E. coli* O157:H7) ja *L. monocytogenes*. Radiotaajuinen dielektrinen kuumennus (39 MHz, 23-106 °C, 0-28 s) vähensi kaikkien patogeenien määrää, mutta jos patogeenivähenemä oli merkittävä, siementen itävyys heikkeni. Scoutenin ja Beuchatin (2002) tutkimuksessa 55 °C tuotti sinimailasen siemeniin suurimmat *Salmonellan* ja EHECin (*E. coli* O157:H7) vähenemät, mutta heikensi itävyyttä verrattuna 23 °C:een. Kemiallisen käsittelyn, ultraäänien sekä lämmön yhdistäminen tehosti vähenemiä.

Munozin ym. (2006) tutkimuksessa aerobisten mesofiilisten bakteerien ja *Listerian* kokonaismäärää vähensi mungpavun iduista tehokkaimmin korkeimman paineen ja lämpötilan yhdistelmä (400 MPa, 40 °C). Bakteerikasvua ei havaittu painekäsittelyn jälkeen, idätyksen aikana toisin kuin vedellä, Na-hypokloriitilla ja vetyperoksidilla käsitellyissä iduissa.

## 4.6 UV-VALO

Ultravioletti(UV)-valoa on tutkittu jonkin verran useimmilla katsauksen kasviksilla lukuun ottamatta lanttua ja punajuurta. UV-valo ei vaikuta olevan tutkituimpien käsittelymenetelmien joukossa.

**Porkkana** UV-valon ilmoitustapa vaihtelee esimerkiksi porkkanatutkimuksissa (liite 1, taulukko 7). Mercierin ym. (1993 ja 2000) tutkimuksissa UV-käsittelyllä oli selkeästi vaikutusta porkkanan varastotautien hallintaan. Chon ym. (2007) tutkimuksessa pelkkää UV-valoa tehokkaampi oli UV:n ja titaanidioksidin yhdistelmäkäsittely, joka paransi porkkanan mikrobiologista laatua. Selma ym. (2008a) tutkivat porkkanan ja muiden kasvien pesu-

vettä, jota käsiteltiin UV-valolla (15 W), otsonoimalla tai molemmilla tavoilla yhdessä. Porkkanan pesuvedellä ei tehty kaikkia kokeita. Yhdistelmäkäsittely vähensi veden sameutta, pelkkä UV-valo ei. Tässäkin tutkimuksessa yhdistelmäkäsittely oli tehokkaampi kuin kumpikin desinfiointimenelmä yksinään.

**Salaatti** Allende ja Artes (2003) käsitelivät punaista tammenlehväsalaattia UV-C-valolla (254 nm) ja pakkasivat salaattit suojakaasuun (passiivinen MAP, varastointi 5 °C:ssa 10 vrk). Tutkimuksessa oli viisi erilaista UV-C-annosta (0,4, 0,81, 2,44, 4,07 ja 8,14 kJ/m<sup>2</sup>). UV-C-säteily lisäsi salaatin hengitysnopeutta, joten CO<sub>2</sub> taso, pakkauksissa, jotka sisälsivät UV-käsiteltyä salaattia, oli suurempi kuin kontrollipakkauksissa. UV-C-valon (2,44 kJ/m<sup>2</sup>) ja suojakaasun yhdistelmä ei vaikuttanut salaatin aistinvaraiseen laatuun, mutta vähensi tehokkaasti kylmää kestävien ja koliformisten bakteerien sekä hiivan kasvua, joskaan maitohappobakteerien kasvuun ei ollut vaikutusta tai bakteerikasvu jopa lisääntyi niiden osalta.

**Tomaatti** Chaidezin ym. (2007) ja Yaunin ym. (2003) mukaan mm. UV-valolla pystytään vähentämään tomaattien pintojen, mutta ei sisempien osien kontaminaatiota. Yaun ym. (2004) raportoivat, että yli 9 mW/cm<sup>2</sup> annos UV-C-valoa vähensi mikrobien lukumäärää salaattista ja tomaatista 2 log. Maneeratin ym. (2003) tutkimuksen mukaan UV-käsiteltyjen tomaattien väri kehittyi normaalisti ja hedelmät kypsyivät ilman fysiologista häiriötä. Muissa tutkimuksissa on todettu, että pieni annos UV-C:ta voi aiheuttaa tomaatille vastustuskykyä *Rhizopus*-pehmeälahoa vastaan, viivästyttää kypsymistä, parantaa tomaatin lujuutta ja pidentää säilyvyysaikaa (Liu ym. 1993, Wilson ym. 1994, Stevens ym. 1996, 1998, 2004). Vastaavasti, Maharajin ym. (1999) tutkimuksessa UV-C-käsittely (3,7 kJ/m<sup>2</sup> ja 24,4 kJ/m<sup>2</sup>) viivästytti tomaattisolukon värin kehitystä ja pehmenemistä. Barkan ym. (2000) tutkimuksessa vihreiden tomaattien käsittely UV-C-valolla (~254 nm) vähensi soluseinää hajottavan entsyymin aktiivisuutta.

**Paprika** Rodonin ym. (2012) tutkimuksessa tuoreleikatut vihreän paprikan ulko- tai sisäpuoli tai molemmat käsiteltiin UV-C-valolla (0, 3, 10 tai 20 kJ/m<sup>2</sup>), verrokkina oli käsittelemätön paprika. Säilytysaika 10 °C:ssa oli 0-8 vrk. Ensimmäisten 5 vrk aikana kaikki UV-C-käsittelyt vähensivät paprikan pilaantumista. Käsittelyistä tehokkain valittiin jatkokokeisiin. Jatkokokeessa UV-C-käsittely oli 20 kJ/m<sup>2</sup>, säilytysaika 5 °C:ssa 0 vrk, 7 vrk tai 12 vrk. UV-C-käsittelyn ansiosta nesteen valuminen, elektrolyyttien vuotaminen sekä paprikan näivettyminen, mätäneminen ja solukkovauriot vähenevät. Jatkokokeessa 12 vrk kuluttua UV-C-käsitellyt paprikat olivat kiinteämpiä ja muotonsa pitävämpiä kuin kontrollipaprikat. UV-C-käsittely myös vähensivät paprikoiden massan alenemaa, pektiinin solubilisaatiota sekä mesofiilisten bakteerien ja homeiden määrää eivätkä vaikuttaneet paprikan happamuuteen tai sokereihin. UV-C-käsitellyt paprikat, joita oli varastoitu 0 tai 7 vrk 5 °C:ssa, eivät antioksidanttien osalta eronneet verrokista.

**Sipuli** UV-valon käytössä sipulille valoannos ja käsittelyaika vaikuttavat olennaisesti käsittelyn tehoon ja haittavaikutuksiin. UV-valolla on sopivalla annoksella ja vaikutusajalla saatu hillittyä vihersipulin pilaantumista ja varren jälkikasvua (Kasim ym. 2008) sekä parannettua sipulin mikrobiologista laatua (Rodov ym. 2010). Durak ym. (2012) totesivat UV-valon, kloorin ja lämmön (50 °C) lupaavaksi yhdistelmäkäsittelyksi patogeenien hallinnassa vihersipulin pintakontaminaation osalta, mutta teho ei ollut sipulin sisäosan osalta yhtä hyvä. UV-käsittely on aiheuttanut tietyillä annoksilla ja

käsittelyajoilla vaurioita sipulin solukoihin ja väriin (Kasim ym. 2008). Toisaalta vaikutukset tiettyihin ravintoarvoihin ovat ainakin osin olleet positiivisia (Perez-Gregorio ym. 2011b, Rodov ym. 2010). UV-valolla on saatu pienennettyä myös sipulin pesuveden mikrobifloraa etenkin yhdessä otsonoinnin kanssa, mutta UV-valo ei vähentänyt veden sameutta ja CODia (Selma ym. 2008a).

Kasim ym. (2008) käsittelivät vihersipulia UV-C-valolla 0-15 min ajan, minkä jälkeen sipulit varastoititiin 5 °C:ssa 15 vrk ajan. Erityisesti suuret UV-annokset kasvattivat vapaiden radikaalien aktiivisuutta. Suurin antioksidanttiaktiivisuus saavutettiin 15 min käsittelyllä. UV-käsittelyn pidentäminen lisäsi elektrolyyttivuotoa, mutta aiheutti vaurioita sipulin solukoihin. Väri säilyi parhaiten 5 min ja 10 min käsittelyissä; osassa käsittelyjä värisävyssä tapahtui muutoksia. Pilaantuminen ja varren jälkikasvu saatiin hallintaan 15 min UV-käsittelyllä.

Selma ym. (2008a) tutkivat otsonin, UV-C-valon ja niiden yhdistelmän vaikutusta vähentää mikrobifloraa mm. tuoreleikatussa sipulissa (myös porkkana, endiivi, pinaatti) sekä kasvisteollisuuden pesu- ja jätevesissä. Ennen käsittelyä sipulin pesuveden mikrobimäärät, sameus ja COD suurenivat 2 h pesun aikana eniten. Pelkkä otsoni oli tehokkaampi kuin pelkkä UV mikrobien vähentämisessä sipulin pesuvedestä, mutta otsonin ja UV-valon yhdistelmä oli tehokkain. UV ei vähentänyt veden sameutta ja CODia toisin kuin otsoni.

Rodov ym. (2010) tutkivat UV-A, -B ja -C-valon vaikutusta kuoritun sipulin flavonolipitoisuuteen ja mikrobiologiseen laatuun. Flavonoleja oli ennen käsittelyä eniten sipulin pinnassa ja vähiten keskiosassa. UV-valo (1,2-6 kJ/m<sup>2</sup>) noin kaksinkertaisti flavonolien kertymisen ja kokonaisantioksidanttiaktiivisuuden kuoritun sipulin uloimmassa osassa. Sipulin keskikerroksessa alhainen UV-teho (1,2 kJ/m<sup>2</sup>) ei vaikuttanut flavonolien kertymiseen, mutta suurempi UV-teho alensi flavonolimääriä. Alhainen UV-valoannos vähensi *E. coli*n määrää kuoritussa sipulissa 1,5-3 log ja vähensi *Penicillium*illa siirrostetun sipulin pilaantumista. Käsittelyä pidettiin lupaavana mikrobiologisen ja ravitsemuksellisen laadun suhteen.

Perez-Gregorio ym. (2011b) tutkivat erilaisia klooriyhdisteitä, vetyperoksidia sekä UV-valoa punasipulin viipaleiden hygienisoinnissa. Flavonoidien määrä jopa kasvoi UV-valossa, kun taas flavonoidien määrä väheni kaikissa kemiallisissa käsittelyissä johtuen ilmeisesti lähinnä flavonolien vesiliukoisuudesta.

Durak ym. (2012) tutkivat UV-valon, happaman Na-hypokloriitin ja lievän kuumennuksen vaikutusta EHECin (*E. coli* O157:H7) tuhoutumiseen vihreistä sipuleista (ja babypinaatista). Yksittäisten käsittelyjen tulosten perusteella sipulin käsittelyyn valittiin UV-valotuksen (125 mJ/cm<sup>2</sup>) ja kloorin (200 ppm) yhdistelmäkäsittely 50 °C:ssa. Näin patogeenia saatiin vähennettyä >5 log vähenemä alkuperäisestä määrästä, joka oli 7,2 log pmy käsiteltyä pistettä kohti; pistekontaminaatio kuvasi pinnan kontaminoitumista. Patogeenimäärä laski alle detektorajan (<1 log), kun patogeenia oli lisätty vähemmän, 4,3 log pmy/piste. Yhdistelmäkäsittelyllä (UV-valo 500 mJ/cm<sup>2</sup> ja kloori 200 ppm, 50 °C) kastomenetelmällä siirrostetussa sipulissa vähenemäksi saatiin 2,2 log pmy/g; kastomenetelmä kuvasi sisempää kontaminaatiota. Yhdistelmäkäsittely oli lupaava pintakontaminaation osalta.

**Idut** UV-valoa on tutkittu hyvin vähän itujen tuotannossa. Tutkimusten perusteella UV-C-käsittelyn teho itujen hygieniaan on rajallinen. UV-

käsittely tulee tehon lisäämiseksi yhdistää muihin käsittelyihin, joita olivat tutkimuksissa vetyperoksidi (Rajkowski ym. 2007) ja fumaarihappo (Kim ym. 2009). Rajkowski ym. (2007) tutkimuksessa 185 nm ja 254 nm yhdistelmä-UVC-käsittelyä testattiin agariin, veteen, kasvisliemeen ja retiisiin ituihin lisättyyn *Shigella sonnei* -bakteeriin. Kyseinen yhdistelmä-UVC-käsittely oli hyvin tehokas agarin ja melko tehokas nesteiden osalta: vähennemät olivat >8 log ja >5 log, vastaavasti. Itujen pinnan epätasaisuuden vuoksi iduilla saavutettiin vain kuitenkin vain 2-3 log vähennelmä ja sekin vain, jos käsittelyyn yhdistettiin H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-pesu (vetyperoksidikäsittely). Kim ym. (2009) tutkivat fumaarihapon, klooridioksidin ja UV-C-käsittelyn vaikutusta kolmen patogeenin inaktivoimiseen sinimailasen ja apilan iduissa. Apilan itujen käsittely UV-C-valolla (1–10 kJ/m<sup>2</sup>) vähensi kokonaismikrobimäärää 1,0–1,5 log pmy/g. Fumaarihappokäsittelyistä 0,5 g/100 ml oli tehokkain. Tämän fumaarihappokäsittelyn yhdistäminen UVC-käsittelyyn (1 kJ/m<sup>2</sup>) vähensi apilan ituihin lisättyjen bakteerien (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* ja *Listeria monocytogenes*) määriä 2,4-3,0 log pmy/g. Sinimailasen itujen käsittely fumaarihapon ja klooridioksidin yhdistelmällä oli tehokkain. Johtopäätöksenä todettiin, että fumaarihappokäsittelyn yhdistäminen UV-C:n tai klooridioksidin kanssa voi olla hyödyllinen vähentämään sinimailasen ja apilan itujen mikrobikuormaa.

## 4.7 KORKEA PAINE

**Porkkana** Paine käsittely on porkkanatutkimuksissa tyypillisesti yhdistetty korkeaan lämpötilaan. Korkean paineen (100-800 MPa) vaikutusta tuoreporkkanaan tavanomaisen lämpöisessä ilmassa on tutkittu muutamassa tutkimuksessa (liite 1, taulukko 8), mutta vain yhdessä niistä keskityttiin mikrobiologiseen laatuun ja tämäkin tutkimus oli raportoitu konferenssipaperissa (Opatova ym. 2003). Kyseisen tutkimuksen mukaan satojen megapascalleiden painekäsittelyllä on mikrobeja tuhoava vaikutusta ilmassa. Kaikissa tutkimuksissa ei selkeästi ilmoitettu käsittelylämpötilaa. Muiden taulukon 8 (liite 1) tutkimusten perusteella painekäsittelyllä on vaikutusta porkkanan rakenteeseen. Hiilidioksidin paineistamisella selvästi ilmatutkimuksia alhaisempiin painelukemiin (3-6 MPa) on saavutettu porkkanan osalta hyviä mikrobisidisia tuloksia. Erkmenin (2000) tutkimuksessa korkea (6,05 MPa ja 3,02 MPa) hiilidioksidipaine tuhosi 45 °C:ssa *Enterococcus faecalis*en porkkanamehussa 8 h kuluessa, kun alkuperäinen bakteerimäärä oli  $4,8 \times 10^5$  pmy. Bin ym. (2011) tutkimuksessa korkeapainehiilidioksidikäsittely (5 MPa, 25 °C, 20 min) vähensi porkkanakiekoista aerobisia bakteereja 1,86 log<sub>10</sub>, hiivoja ja homeita 1,25 log<sub>10</sub>. Käsittelyä pidettiin lupaavana, koska sen vaikutus porkkanan rakenteeseen oli vähäinen.

**Lanttu** Clarianan ym. (2011) tutkimuksessa ryöppäys ja korkeapainekäsittely (600 MPa, 20 °C) todettiin potentiaalisesti menetelmäksi lantun laatuominaisuuksien (väri, rakenne/tuntu, antioksidanttiaktiivisuus ja glukosinolaattiprofiili) säilyttämisessä. Tutkimukseen ei sisällynyt mikrobiologisia mittauksia.

**Tomaatti** 400 MPa paineella on saatu eliminointia kokonaisista tomaateista lähes kaikki elinkelpoiset aerobiset mesofiilit sekä hiivat ja homeet ilman, että tomaattien rakenne ja maku olisivat kärsineet (Arroyo ym. 1999). Korkeapainekäsittelyllä on saatu vähennettyä *Salmonellan* määrää kokonaisissa ja kuutioiduissa tomaateissa. Maitlandin ym. (2011) tutkimuk-

sessä tutkittiin *Salmonella enterican* vähenemistä kuutioiduista ja kokonaisista tomaateista korkeassa paineessa (350, 450 tai 550 MPa; 120 s). Erään serotyypin osalta vähenemä oli 4,53-7,09 log; mitä korkeampi paine oli, sitä suurempi oli vähenemä. Merkittäviä vähennyksiä *Salmonella* Braenderupin määrissä saavutettiin kuutioiduissa tomaateissa: 350 MPa:ssa vähenemä oli 0,46 pmy/g, 450 MPa:ssa 1,44 log pmy/g ja 550 MPa:ssa 3,67 log pmy/g. Kokonaisissa tomaateissa vähenemät olivat 1,41-3,35 log pmy/g. Arroyon ym. (1999) mukaan 400 MPa paineella voidaan tuhota vedessä olevista kokonaisista tomaateista aerobisia mesofiilisiä bakteereja, hiivoja ja homeita.

**Paprika** Castron ym. (2008) tutkimuksessa käsittelemättömässä paprikassa oli kokonaismesofiilejä noin 4-5 log pmy/g ja painekäsitellyissä tai ryöpytyissä noin 2-5 log pmy/g. Enterobakteereja todettiin vastaavasti noin 2-3 log pmy/g ja 1-3 log pmy/g, kokonaiskoliformeja noin 2,5-3 pmy/g ja 2-3,5 log pmy/g, fekaalisia koliformeja noin 2 log pmy/g ja 1-2,5 log pmy/g. Mengin ym. (2012) tutkimuksessa paineistetulla argonkaasulla (2-6 MPa, 1 h) käsitellyt vihreät paprikat sekä käsittelemätön kontrollinäyte säilytettiin 12 vrk ajan 4 °C:ssa ja 90 % RH:ssa polystyreenipakkauksessa, jonka kaasukoostumus oli 5 % O<sub>2</sub> ja 8 % CO<sub>2</sub>. Paineikäsitteily vähensi selvästi veden liikkuvuutta ja paprikan kuivumista sekä askorbiinihapon määrää, klorofyllipitoisuutta ja väriä. Käsitteily säilytti solujen yhtenäisyyden, esti joidenkin entsyymien toimintaa ja esti pilaajamikrobien (koliformit, hiivat, homeet) lisääntymistä. Tuoreleikatut, painekäsitellyt (4 MPa, 1 h) vihreät paprikat säilyvät tuoreen kaltaisina 4 °C:ssa 12 vrk.

**Sipuli** Neetoo ym. (2011) tutkivat *Salmonellaa* ja EHECiä (*E. coli* O157:H7, 1-2 log pmy/g) paloitelluissa vihersipuleissa varastoinnin aikana, sekä korkean hydrostaattisen paineen vaikutusta patogeenien eliminoinnissa. Varastointiaika 4 °C:ssa tai 22 °C:ssa oli 14 vrk. Molemmat patogeenit lisääntyivät 22 °C:ssa keskimäärin 5-6 log pmy/g:öön, mutta 4 °C:ssa bakteerimäärät pysyivät melko vakaina. Kuivien tai kosteiden sipuleiden painekäsittely (250-500 MPa, 2 min, 20 °C) vähensi patogeenien määrät 0,6 log verran >5 log pmy/g:öön; sipulin kosteus vaikutti painekäsittelyn tehoon. Patogeenien paineherkkyys oli lisäksi suurempi korkeissa kuin alhaisissa lämpötiloissa. Paineikäsitteilyssä 400-450 MPa (sipulit upotettu veteen) tai 450-500 MPa (sipulit kostutettu) patogeenimäärät olivat alle detektorinajan ja vaikutus säilyi myös 15 vrk varastoinnin ajan 4 °C:ssa. Paineikäsitteily ei merkittävästi heikentänyt aistinvaraisia ominaisuuksia tai väriä. Käsitteily oli siis lupaava.

**Idut** Itujen painekäsittelyä on tutkittu varsin paljon. Paineen vaikutus eri patogeeneihin vaihtelee tutkimusten mukaan: 250-400 MPa painekäsittely tuhosi Wuytackin ym. (2003) tutkimuksessa eniten *Salmonellaa*, *E. colia* ja *Listeriaa*, niitä vähemmän *Shigellaa* ja painetta kestävä *E. colia*, edelleen vähemmän *S. aureusta*, mutta *Enterococcus faecalis* ei lainkaan. Neetoon ja Chenin (2010b) tutkimuksessa *Salmonella* kesti painetta tuhoutumatta enemmän kuin EHEC lukuun ottamatta parsakaalin siemeniä, joissa tulos oli päinvastainen. Paineikäsitteily tehoaa paremmin kosteisiin kuin kuiviin siemeniin (Neetoo ym. 2008) ja paremmin yli 40 °C:ssa kuin sen alittavissa lämpötiloissa (Neetoo ym. 2009a). Esiliotus vedessä 30-90 min ajan tehosti Neetoon ja Chenin (2010b) tutkimuksessa selvästi painekäsittelyn tehoa patogeeneihin. Esiliotus voi kuitenkin heikentää itävyyttä (Neetoo ja Chen 2010a), mutta paineen ja esiliotuksen vaikutus itävyyteen on eri kasvien siemenillä erilainen (Neetoo ja Chen 2010b).

Munozin ym. (2006) tutkimuksessa 400 MPa paine 40 °C lämpötilassa vähensi tehokkaimmin aerobisten mesofiilisten bakteerien ja *Listeria* kokonaismäärää mungpavun iduissa. Paine käsittelyn vaikutus säilyi idätyksen aikana, eli itujen mikrobimäärät eivät kasvaneet toisin kuin muilla tutkituilla aineilla käsitellyissä iduissa.

Paine (55-84 kPa) oli otsonia lupaavampi EHECin tuhoamisessa sinimailasen siemenistä (Sharma ym. 2002b). Neetoon ym. (2008) tutkimuksessa EHEC saatiin kokonaan eliminoitua kosteista sinimailasen siemenistä 15 min kestäväällä 600 MPa käsittelyllä 20 °C:ssa. Neetoon ym. (2009a) tutkimuksessa EHEC saatiin tuhottua sinimailasen siemenistä kolmella 2 min pituisella, paineen ja lämpötilan suhteen toisistaan poikkeavalla käsittelyllä. Käsittelyistä paras, 550 MPa 40 °C:ssa, ei vaikuttanut siementen itävyyteen. Neetoon ym. (2009b) tutkimuksessa EHEC eliminoitui, kun sinimailasen siemenet upotettiin veteen 60 min ajaksi ja käsiteltiin 20 °C:ssa 600 MPa paineella 2 min ajan. Myös vesiliotus  $\geq 10$  min ajan ja sitten painekäsittely 600 MPa, 15 min, 20 °C oli yhtä hyvä käsittely. Neetoon ja Chenin (2010a) tutkimuksessa sinimailasen siementen käsittely 500 MPa paineella 2 min ajan 45 °C:ssa eliminoi *Salmonellan* ja EHECin heikentämättä itävyyttä. Neetoon ja Chenin (2010b) tutkimuksessa *Salmonella* ja EHEC eliminoituivat puna-apilan siemenistä, kun niitä esiliotettiin 60 min 4 °C:ssa ja käsiteltiin sitten 600 MPa paineella 20 °C:ssa 5 min ajan; itävyys heikkeni vain hieman ja itusato ei heikentynyt. Neetoon ja Chenin (2011) tutkimuksessa *Salmonella* ja EHEC eliminoituivat sinimailasen siemenistä yhdistelmäkäsittelyssä, jonka alussa oli kuiva kuumennus (60 °C, 24 h tai 65 °C, 12 h), jota seurasi painekäsittely (600 MPa, 2 min, 35 °C).

Penasin ym. (2008) tutkimuksessa optimikäsittely mikrobiologisen laadun (aerobiset mesofiilit, kokonais- ja fekaaliset koliformit, hiivat ja homeet) sekä itävyyden kannalta oli 40 °C:ssa 100 MPa kosteille sinimailasen, 250 MPa kosteille mungpavun siemenille. Penas ym. (2010) tutkimuksessa paras käsittely itävyyden ja mungpavun itujen mikrobiologisen laadun (aerobisten mikrobien kokonaismäärä, kokonais- ja fekaaliset koliformit, hiivat ja homeet) kannalta oli siementen upottaminen 250 MPa:ssa 18000 ppm Ca-hypokloriittiin ja 1500 ppm karvakroliin (vähenemä  $>5$  log pmy/g).

Paine ei heikentänyt sinimailasen siementen itävyyttä Sharman ym. (2002b; 55-84 kPa), Neetoon ym. (2008; 500-650 MPa), Penasin ym. (2008; 100-250 MPa), Neetoon ym. (2009a; 550 MPa) ja Neetoon (2009b; 600 MPa) tutkimuksissa. Penasin ym. (2008) tutkimuksessa 400 MPa heikensi sinimailasen ja mungpavun itävyyttä, Neetoon ym. (2009a) tutkimuksessa 300-400 MPa heikensi sinimailasen itävyyttä, kun käsittelylämpötila oli 45-50 °C. Wuytackin ym. (2003) sekä Neetoon ja Chenin (2010b) tutkimusten mukaan eri kasvien siementen herkkyys paineen vaikutukselle on erisuuruinen. Wuytackin ym. (2003) kokeissa paine vaikutti vähiten krassin ja eniten retiisin siementen itävyyteen, kun verrattavina olivat myös seesamin ja sinapin siemenet. Neetoon ja Chenin (2010b) kokeissa esiliotus ja 600 MPa paine heikensivät retiisin ja parsakaalin siementen itävyyttä merkittävästi, mutta puna-apilalle löytyi käsittely-yhdistelmä, joka heikensi itävyyttä vain hieman.

Lisäksi käsittelymenetelmänä on tutkittu paineistettua superkriittistä hiilidioksidia (Mazzoni ym. 2001, Jung ym. 2009).

## 4.8 MUUT FYSIKAALISET JA MEKAANISET MENETELMÄT

### 4.8.1 Pulssitettu sähkökenttä

Pulssitetun sähkökentän käyttö porkkanan käsittelyssä on ollut hyvin harvinaista. Käsittelyä on käytetty vain mehun prosessoinnissa ja siinäkin eri tarkoituksiin. Vaikka tämä käsittely vaikuttaa porkkanan hygienisoinnissa marginaaliselta, se mainitaan tässä katsauksessa, koska Rodrigo ym. (2003) totesivat sillä mikrobeja tuhoavaa vaikutusta. He tutkivat pulssitetun sähkökentän vaikutusta tuorepuristetun, mutta pakastettuna varastoidun appelsiini-porkkanamehun (80/20) pektiinimetyyliesteri-entsyymiin sekä homeisiin, hiivoihin ja kokonaismikrobeihin. Pulssitetun sähkökentän asetus oli tutkimuksessa 25 kV/cm, 30 kV/cm, 35 kV/cm ja 40 kV/cm, ja pulssin kesto 2,5 µs. Kaikkien mikrobien vähenemä mehussa oli sitä nopeampi ja suurempi, kuin mitä suurempi sähkökentän asetus oli. Sähkökentän vaikutus oli suurin, kun mehun alkuperäinen pektiinimetyyliesteritaso oli korkea tai sähkökenttäkäsittely (25 kV/cm, 340 µs) yhdistettiin lämpökäsittelyyn (63 °C). Pekiinimetyyliesteri inaktivoitui enimmillään 81,4 %, jolloin homeiden ja hiivojen määrässä oli 3,7 desimaalin (log) ja kokonaismikrobeissa 2,4 desimaalin (log) vähenemä. Inaktivoitumista mallinnettiin. Pekiinimetyyliesteri hajottaa pektiiniä, jonka määrä on yhteydessä mehun rakenteeseen, kuten viskositeettiin. Grimi ym. (2007) eristivät porkkanaviipaleista ainesosia suodatus-puristus- ja pesuprosessilla (5 bar), jonka tehostajana oli pulssitettu sähkökenttä (250-1000 V/cm). Sähkökenttä lisäsi mehun saantoa ja Brix-arvoa. Brix-arvo kuvaa liukoisen kiinteän aineen määrää nesteessä (Das 2005).

### 4.8.2 Fotokatalyyysi

Kahdessa porkkanaan liittyvässä tutkimuksessa fotokatalyyttinen käsittely oli yhdistetty UV-C-valon käyttöön. Molempien tutkimusten perusteella yhdistelmä-käsittelyllä oli bakteereja tuhoava vaikutus. Cho ym. (2007) tutkivat titaanidioksidin (TiO<sub>2</sub>) fotokatalyyttistä reaktiota UV-säteilytyksen yhteydessä. 30 s kestävä yhdistelmä-käsittely tuhosi NaCl-liuoksessa olevan *Bacillus cereuksen*, 40 s kestävä *E. coli* ja 60 s kestävä *Salmonella* Typhimuriumin, joiden alkuperäiset määrät olivat noin 6,7 log pmy/ml. Yhdistelmä-käsittelyllä todettiin selvä bakterisidinen vaikutus: aerobiset kokonaibakteerimäärät vähenivät porkkanakuutioista 1,8 log pmy/g verran 20 min ajan kestäneen yhdistelmä-käsittelyn jälkeen, kun pelkällä UV-valolla vähenemä oli 1,1 log pmy/g. Porkkanapalojen pinnalle lisätyn *Bacillus cereuksen* määrä väheni 1,8 log pmy/g (pelkällä UV:lla 1,2 log pmy/g), *E. coli* 2,1 log pmy/g (1,3 log pmy/g, vastaavasti) ja *Salmonella* 2,3 log pmy/g (1,2 log pmy/g). Myös Selman ym. (2008b) tutkimuksessa fotokatalyyttinen (TiO<sub>2</sub>) desinfektio kasvien, mm. porkkanan, salaatin ja sipulin pesuveden desinfioinnissa yhdistettiin UV-C-käsittelyyn. 10 min kestävä yhdistelmä-käsittely vähensi eri kasvien pesuvedestä kokonaibakteereja keskimäärin 4,1-4,8 log pmy/ml verrattuna käsittelemättömään veteen, mutta porkkanalla vähenemä oli suurin, 6,2 log pmy/ml. Porkkanan pesuveden orgaanisen aineksen määrä sekä sameus olivat pienimmät.

### 4.8.3 Ultraääni

Alegrian ym. (2009) tutkimuksessa kuoritun porkkanan ja porkkanaraasteen kokonaismikrobien sekä homeiden ja hiivojen määrät vähenivät ultraäänikäsittelyssä (45 kHz, 1 min, 80 % tehotasosta) melko vähän: raasteen keskimäärin  $\leq 0,5 \log 10$  pmy/g ja kokonaisen, pestyn porkkanan alle  $1,5 \log 10$  pmy/g. Tulos oli suunnilleen samaa luokkaa kuin kloori- ja otsonikäsittelyissä, kun taas kuumalla vedellä käsittely oli selvästi tehokkaampaa.

Pelkällä ultraäänellä on saatu tuhottua tuoresalaatista merkittäviä määriä patogeeneja eripituisina (5-60 min) käsittelyaikoina. Mikro-organismien vähentäminen ultraäänellä johtuu pääasiassa fysikaalisesta ilmiöstä, jota kutsutaan kavitaatioksi (Frizzell 1988, Seymour ym. 2002). Kavitaatiossa neste, yleensä vesi, alkaa kiehua paineen laskun johdosta. Ultraäänikäsittelyn aikana kuplia pakotetaan värähtelemään nesteessä. Kavitaatio tuottaa mikroskooppisia kuplia upotetun tuotteen pintoihin ja rakoihin. Kuplat kasvavat, kunnes ne lopulta luhistuvat, mikä irrottaa ja inaktivoi taudinaiheuttajia (Dehghani 2005). Seymour ym. (2002) tutkivat *Salmonella typhimuriumin* tuhoutumista jäävuorisalaatista ultraäänellä. Ultraäänen taajuudella (25-70 kHz) ei ollut olennaista vaikutusta desinfiointitehoon. Ultraääni toi kloorin lisänä 1 log vähenemän mikrobimäärään, mutta ultraäänen hyötyä ei pidetty suurena ottaen huomioon menetelmän kalteus.

Sagongin ym. (2011) tutkimuksessa verrattiin ultraäänen (40 kHz) ja orgaanisten happojen (0,3-2,0 % omena-, maito- ja sitruunahappo) vaikutusta salaattiin. Käsittelyaika oli 5 min ja varastointiaika 7 vrk. Ultraäänen ja orgaanisten happojen yhdistelmäkäsittely vähensi patogeenimääriä tehokkaasti verrattuna yksittäisiin käsittelyihin. Eniten (2,75-3,18 log pmy/g) patogeeneja vähenivät ultraäänen ja 2 % orgaanisen hapon yhdistelmäkäsittelyllä. Muu salaatin laatu ei kärsinyt olennaisesti yhdistelmäkäsittelystä.

Sagongin ym. (2013) tutkimuksessa selvitettiin ultraäänikäsittelyn (40 kHz, 30 W/l, 5-60 min) tehokkuutta *Bacillus cereus* -itiöiden vähentämiseksi jäävuorisalaatista. Ultraääntä tutkittiin yksinään ja yhdessä pinta-aktiivisten aineiden kanssa; vertailukäsittelynä oli kloori. Viisi minuuttia todettiin riittäväksi kestoajaksi ultraäänikäsittelylle, joka ei aiheuttanut vaurioita salaatin lehtien pinnoille. Tehokkain oli ultraäänen ja 0,1 % Tween-aineen yhdistelmäkäsittely, jolla *B. cereuksen* vähenemä oli 2,49 log pmy/g. Vähennys oli 1 log suurempi kuin mitä kloorikäsittelyllä (200 ppm, 5 min).

### 4.8.4 Leikkaaminen ja muut mekaaniset käsittelyt

Tuorekasviksille aiheutuu prosessoinnissa, pakkaamisessa ja varastoinnissa abioottista stressiä (Hodges ja Toivonen 2008). Abioottisen stressin vaikutukset ilmenevät kyseisen kirjallisuustutkimuksen mukaan esimerkiksi värin muutoksena, lisääntyneenä hengityksenä ja etyleenin muodostuksena, maun ja rakenteen heikkenemisenä, massan menetyksenä, askorbaattitasen alenemana, epämiellyttävien hajujen muodostumisena, solurakenteiden hajoamisena ja solurakenteen pehmenemisenä. Tutkimuksia abioottisen stressin tasoista ja mekanismeista tarvittaisiin ko. katsauksen mukaan lisää. Yleisesti ottaen prosessoiduissa kasviksissa (käsittelyinä mm. typistys, viipalointi ja peseminen) oli Badosan ym. (2008) tutkimuksessa ennen pakkaamista suuremmat bakteerimäärät kuin prosessoimattomissa



kasviksissa; poikkeuksena idut, joiden mikrobimäärät olivat ylipäättään korkeat.

Torriani ja Massa (1994) havaitsivat puoliteollisen tuotantolaitoksen tuotantoprosessin tarkastelussa, että kuorinta vähensi porkkanoista kokonaismikrobien määrää noin  $2 \log_{10}$  pmy/g ja molempien koliformityyppien määrää noin  $1 \log_{10}$  pmy/g. Porkkanaviipaleiden pesu klooratulla vedellä 20 min ajan ei muuttanut porkkanaviipaleiden alkuperäisiä kokonaismikrobimääriä, mutta vähensi koliformien määrää. Kun tutkittiin tuotantoprosessia, viipaleiden mikrobimäärä kasvoi porkkanoiden leikkausvaiheessa, minkä arveltiin johtuvan huonosta laite- ja henkilöhygieniasta. Franzettin ja Gallin (1999) tutkimuksessa kokonaismesofiili- ja leuconostocs-tulosten perusteella porkkanoiden mikrobimäärät kasvoivat yleisesti ottaen prosessoinnin edetessä. Pestyn ja kuoritun porkkanan mikrobimäärät olivat suuremmat kuin pesemättömän. Vastaavaa ei havaittu kokonaiskoliformeissa ja hiivoissa. Veitsikuorinta on hygienianhallintamielessä parempi kuin hankauskuorinta (Klaiber ym. 2005b). Voimakkaammin prosessoitujen porkkanaviipaleiden (koneellinen leikkaus, hankauskuorinta) ulkonäkö muuttui huonommaksi ja hyllyikä ( $4^{\circ}\text{C}$  tai  $6^{\circ}\text{C}$ ) oli lyhyempi kuin käsin viipaloitujen (Cliffe-Byrnes ym. 2007).

## 5 KIRJALLISUUS

- Abdul-Raouf, U. M., Beuchat, L. R. & Ammar, M. S. 1993. Survival and growth of *Escherichia Coli* O157:H7 on salad vegetables. *Applied and Environmental Microbiology* 59: 1999-2006.
- Achen, M. & Yousef, A. E., 2001. Efficiency of ozone against *Echerichia coli* O157:H7 on apples. *Journal of Food Science* 66: 1380–1384.
- Adams, P. & Ho, L. C. 1989. Effect of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 64: 725-732.
- Afek, U., Orenstein, J. & Nuriel, E. 1999. Steam treatment to prevent carrot decay during storage. *Crop Protection* 18: 639-642.
- Aguayo, E., Escalona, V., Silveira, A. C. & Artes, F. 2014. Quality of tomato slices disinfected with ozonated water. *Food Science and Technology International* 20: 227-235.
- Akbas, M. Y. & Ölmez, H. 2007. Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut Iceberg lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 2609–2616.
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P. C., Shahidi, F. & Wiktorowicz, R. 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry* 89: 69-76.
- Alegria, C., Pinheiro, J., Goncalves, E. M., Fernandes, I., Moldao, M. & Abreu, M. 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. *Nantes*) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10: 61-69.
- Alegria, C., Pinheiro, J., Goncalves, E. M., Fernandes, I., Moldao, M. & Abreu, M. 2010. Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11: 155-161.
- Alexandre, E. M. C., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. 2011a. Modelling microbial load reduction in foods due to ozone impact. *Procedia Food Science* 1: 836-841.
- Alexandre, E. M. C., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. 2012a. Assessment of the impact of hydrogen peroxide solutions on microbial loads and quality factors of red bell peppers, strawberries and watercress. *Food Control* 27: 362–368.
- Alexandre, E. M. C., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. 2012b. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering* 108: 417–426.
- Alexandre, E. M. C., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. 2012c. Emerging technologies to improve the safety and quality of fruits and vegetables. *Teoksessa: McElhatton, A. & do Amaral Sobral, P. J. (toim.), Novel technologies in food science, Vol. 7. New York Springer, s. 261-297.*
- Alexandre, E. M. C., Santos-Pedro, D. M., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. 2011b. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of bell peppers, strawberries and watercress. *Journal of Food Engineering* 105: 277-282.
- Allende, A., Aguayo, E. & Artes, F. 2004. Microbial and sensory quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *International Journal of Food Microbiology* 91: 109-117
- Allende, A., McEvoy, J., Tao, Y. & Luo, Y. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20: 230–234.
- Allende, A. & Artes, F. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *LWT - Food Science & Technology* 36: 779-786.

- Alves, J. A., Boas, E. V. D. V., Boas, B. M. V. & de Souza, E. C. 2010a. Maintenance of the quality of fresh-cut products made up of pumpkin, carrot, chayote, and aracacha (peruvian carrot). *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 30: 625-634.
- Alves, J. A., Boas, E. V. D. V., de Souza, E. C., Boas, B. M. V. & Piccoli, R. H. 2010b. Shelf life of fresh-cut composed of vegetables. *Ciencia e Agrotecnologia* 34: 182-189.
- Amanatidou, A., Slump, R. A., Gorris, L. G. M. & Smid, E. J. 2000. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. *Journal of Food Science* 65: 61-66.
- Amodio, M. L., Rinaldi, R. & Colelli, G. 2006. Influence of atmosphere composition on quality attributes of ready-to-cook fresh-cut vegetable soup. Teoksessa: Purvis, A.C., McGlasson, W.B. & Kanlayanarat, S. (toim.). *The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality (Proceedings of the IVth International Conference on Managing Quality in Chains, Vols 1 & 2)*. *Acta Horticulturae* 712: 677-683.
- Anino, S. V., Salvatori, D. M. & Alzamora, S. M. 2006. Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts. *Food Research International* 39: 154-164.
- Araya, X. I. T., Hendrickx, M., Verlinden, B. E., Van Buggenhout, S., Smale, N. J., Stewart, C. & Mawson, A. J. 2007. Understanding texture changes of high pressure processed fresh carrots: A microstructural and biochemical approach. *Journal of Food Engineering* 80: 873-884.
- Arroyo, G., Sanz, P. D., Prestamo, G., 1999. Response to high pressure, low temperature treatment in vegetables: determination of survival rates of microbial populations using flow cytometry and detection of peroxidase activity using confocal microscopy. *Journal of Applied Microbiology* 86: 544-556.
- Artes, F., Conesa, M. A., Hernandez, S. & Gil, M. I. 1999a. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17: 153-162.
- Artés, F., Martínez, J. A. & Marín, J. G. 1999b. Quality changes in minimally processed 'Romaine' lettuce as affected by several treatments. In: Hägg R., Ahvenainen, R., Evers, A. & Tiilikka K. (toim.) *Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables*. London, UK: The Royal Society of Chemistry, s. 115-118.
- Artes, F. & Escriche, A. J. 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. *Journal of Food Science* 59: 1053-1056.
- Artes, F., Gomez, P. A. & Artes-Hernandez, F. 2007. Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science & Technology International* 13: 177-188.
- Arvanitoyannis, I. 2012. *Modified atmosphere and active packaging technologies*. CRC Press INC. 826 s.
- Auerswald, H., Schwarz, D., Kornelson, C., Krumbein, A. & Bruckner, B. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutritient solution. *Scientia Horticulturae* 82: 227-242.
- Austin, J. W., Dodds, K. L., Blanchfield, B. & Farber, J. M. 1998. Growth and toxin production by *Clostridium botulinum* on inoculated fresh-cut packaged vegetables. *Journal of Food Protection* 61: 324-328.
- Ayala-Zavala, J. & Gustavo, G. -A. 2010. Use of additives to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables. Teoksessa: Martín-Belloso, O & Soliva-Fortuny, R. (toim.). *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*. CRC Press. s. 231-254.
- Ayhan, Z., Esturk, O. & Tas, E. 2008. Effect of modified atmosphere packaging on the quality and shelf life of minimally processed carrots. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 57-64.
- Badosa, E., Trias, R., Pares, D., Pla, M. & Montesinos, E. 2008. Microbiological quality of fresh fruit and vegetable products in Catalonia (Spain) using normalised plate-counting methods and real time polymerase chain reaction (QPCR). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 605-611.
- Bae, J. Y., Lee, J. S., Shin, M. H., Lee, S. H. & Hwang, I. G. 2011. Effect of Wash Treatments on Reducing Human Norovirus on Iceberg Lettuce and Perilla Leaf. *Journal of Food Protection* 74: 1908-1911.

- Baert, L., Mattison, K., Loisy-Hamon, F., Harlow, J., Martyres, A., Lebeau, B., Stats, A., Van Coillie, E. & Uyttendaele, M. 2011. Review: Norovirus prevalence in Belgian, Canadian and French fresh produce: A threat to human health? *International Journal of Food Microbiology* 151: 261–269.
- Bagamboula, C. F., Uyttendaele, M. & Debevere, J. 2002. Growth and survival of *Shigella sonnei* and *S. flexneri* in minimal processed vegetables packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C and 12 °C. *Food Microbiology* 19: 529–536.
- Bang, J., Kim, H., Kim, H., Beuchat, L. R. & Ryu, J. H. 2011. Combined effects of chlorine dioxide, drying, and dry heat treatments in inactivating microorganisms on radish seeds. *Food Microbiology* 28: 114–118.
- Bari, M. L., Nazuka, E., Sabina, Y., Todoriki, S. & Isshiki, K. 2003. Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, radish, and Mung bean seeds. *Journal of Food Protection* 66: 767–774.
- Barry-Ryan, C., Pacussi, J. M. & O'Beirne, D. 2008. Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. *Journal of Food Science* 65: 726–730.
- Bartz, J. A. 1982. Infiltration of tomatoes immersed at different temperatures to different depths in suspensions of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. *Plant Disease* 66: 302–306.
- Bartz, J. A., & Showalter, R. K. 1981. Infiltration of tomatoes by aqueous bacterial suspensions. *Phytopathology* 71: 515–518.
- Basak, S. & Ramaswamy, H. S. 1998. Effect of high pressure processing on the texture of selected fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 29: 587–601.
- Baur, S., Klaiber, R. G., Hammes, W. P. & Carle, R. 2004. Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 5: 45–55.
- Baur, S., Klaiber, R., Wei, H., Hammes, W. P. & Carle, R. 2005. Effect of temperature and chlorination of pre-washing water on shelf-life and physiological properties of ready-to-use Iceberg lettuce. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6: 171–182.
- Beltrán, D., Selma, M. V., Tudela, J. A. & Gil, M. I. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology* 37, 1: 37–46.
- Bennik, M. H. J., Vorstman, W., Smid, E. J. & Gorris, L. G. M. 1998. The influence of oxygen and carbon dioxide on the growth of prevalent *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* species isolated from fresh and controlled-atmosphere-stored vegetables. *Food Microbiology* 15: 459–469.
- Benarde, M. A., Israel, B. M., Olivieri, V. P. & Granstro, M. I. 1965. Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide. *Applied Microbiology* 13: 776–780.
- Berno, N. D., Tezotto-Uliana, J. V., Dias, C. T. D. & Klugg, R. A. 2014. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biology and Technology* 93: 91–96.
- Bermúdez-Aguirre, D., Wemlinger, E., Pedrow, P., Barbosa-Cánovas, G. & Garcia-Perez, M. 2013. Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control* 34, 1: 149–157.
- Beuchat, L. R. 1997. Comparison of chemical treatments to kill *Salmonella* on alfalfa seeds destined for sprout production. *International Journal of Food Microbiology* 34: 329–333.
- Bi, X. F., Wu, J. H., Zhang, Y., Xu, Z. H. Liao, X. J. 2011. High pressure carbon dioxide treatment for fresh-cut carrot slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12: 298–304.
- Blanchard, M., Castaigne, F., Willemot, C. & Makhlouf, J. 1996. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharvest Biology and Technology* 9: 173–185.
- Bolin, H. R. 1992. Retardation of surface lignification on fresh peeled carrots. *Journal of Food Processing and Preservation* 16: 99–104.

- Bolin, H. R. & Huxsoll, C. C. 1991. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science* 56: 416-418.
- Boonyakiat, D. & Phatchaiyo, T. 2003. Effect of modified atmosphere packaging on quality of minimally processed vegetables. Teoksessa: Oosterhaven, J. & Peppelenbos, H.W. (toim.). Proceedings of the 8th International Controlled Atmosphere Research Conference, Vols I & II. *Acta Horticulturae* 600: 319-321.
- Brackett, R. E. 1999. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 305-311.
- Brewster, J. L. 2008. Onions and other vegetable alliums. CABI. Reading, UK. 431 s.
- Burnett, S. L. & Beuchat, L. R. 2000. Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 25: 281-287.
- Butot, S., Putallaz, T. & Sanchez, G. 2007. Procedure for rapid concentration and detection of enteric viruses from berries and vegetables. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 186-192.
- Butz, P., Edenharder, R., Fernández García, A., Fister, H., Merkel, C. & Tauscher, B. 2002. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. *Food Research International* 35: 295-300.
- Cantwell, M. I. & Kasmire, R. F. 2002. Postharvest Handling Systems: Fruit Vegetables. Teoksessa: Kader, A. A. (toim.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3311:407-421
- Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H., & Wu, F. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control* 21: 529-532.
- Cao, S. F. & Zheng, Y. H. 2008. Postharvest biology and handling of loquat fruit. *Stewart Postharvest Review* 4: 1-5.
- Carlin, F., Nguyen, C., Abreu da Silva, A. & Cochet, C. 1996. Effects of carbon dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes*, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. *International Journal of Food Microbiology* 32: 159-172
- Carrasco, E. U. & Cisneros-Zevallos, L. 2002. Effect of blanching and hygroscopic coating on quality of fresh-cut carrots (*Daucus carota* var. *chantenay*) during storage. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 52: 187-192.
- Casteel, M. J., Schmidt, C. E., & Sobsey, M. D. 2008. Chlorine disinfection of produce to inactivate hepatitis A virus and coliphage MS2. *International Journal of Food Microbiology* 125: 267-273.
- Castro, S. M., Saraiva, J. A., Domingues, F. M. J. & Delgadillo, I. 2011. Effect of mild pressure treatments and thermal blanching on yellow bell peppers (*Capsicum annuum* L). *LWT-Food Science and Technology* 44: 363-369.
- Cavallito, C. J. & Bailey, J. H. 1944. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. *Journal of the American Chemical Society* 66: 1950-1951.
- Chaidez, C., Lopez, J., Vidales, J. & Campo, N.C., 2007. Efficacy of chlorinated and ozonated water in reducing *Salmonella typhimurium* attached to tomato surfaces. *International Journal of Environmental Health Research* 17, 4: 311-318.
- Chaowarat, S., McGlasson, W. B., Markham, J. & Kanlayanarat, S. 2007. Packaging for minimally processed capsicum fruit (*Capsicum annuum* L.). *Food Australia* 59: 208-214.
- Chauhan, O. P., Raju, P. S., Ravi, N., Singh, A. & Bawa, A. S. 2011. Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignification of carrot sticks. *Journal of Food Engineering* 102: 43-48.
- Chawla, R., Patil, G. & Singh, A. 2011. High hydrostatic pressure technology in dairy processing: A review. *Journal of Food Science and Technology* 48: 260-268.
- Chemat, F., Zill-E-Huma. & Khan, M. K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry* 18: 813-835.
- Choi, M. S., Cheigh, C. I., Jeong, E. A., Shin, J. K. & Chung, M. S. 2010. Nonthermal sterilization of *Listeria monocytogenes* in infant foods by intense pulsed-light treatment. *Journal of Food Engineering* 97: 504-509.

- Cho, M., Choi, Y., Park, H., Kim, K., Woo, G. J. & Park, J. 2007. Titanium dioxide/UV photocatalytic disinfection in fresh carrots. *Journal of Food Protection* 70: 97-101.
- Chu, C. L. & Wang, S. L. 2001. Effect of cutting style, low-oxygen atmosphere and cold temperature on the respiration rate of minimally processed vegetables. Teoksessa: Ben-Arie, R. & Philosoph-Hadas, S. (toim.). *Proceedings of the 4th International Conference on Postharvest Science*, Vols 1 & 2. *Acta Horticulturae* 553: 691-692.
- Clariana, M., Valverde, J., Wijngaard, H., Mullen, A. M. & Marcos, B. 2011. High pressure processing of swede (*Brassica napus*): Impact on quality properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12: 85-92.
- Cliffe-Byrnes, V., Brennan, L. & O'Beirne, D. 2007. The effects of preparatory procedures and storage temperature on the quality of carrot discs packaged in modified atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology* 42: 482-494.
- Cliffe-Byrnes, V., Mc Laughlin, C. P. & O'Beirne, D. 2003. The effects of packaging film and storage temperature on the quality of a dry coleslaw mix packaged in a modified atmosphere. *International Journal of Food Science and Technology* 38: 187-199.
- Considine, K. M., Kelly, A. L., Fitzgerald, G. F., Hill, C. & Sleator, R. D. 2008. Highpressure processing—Effects on microbial food safety and food quality. *FEMS Microbiology Letters* 281: 1–9.
- Conway, W. S., Sams, C. E., McGuire, R. G. & Kelman, A. 1992. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. *Plant Disease* 76: 329–334.
- Corbo, M. R., Del Nobile, M. A. & Sinigaglia, M. 2006. A novel approach for calculating shelf life of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology* 106: 69-73.
- Correia, L. G., Beirao-da-Costa, M. L., Moldao-Martins, M. & Abreu, M. 2005. Extending shelf-life of minimally processed carrots. Teoksessa: Mencarelli, F. & Tonutti, P. (toim.). *Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium*, Vols 1-3. *Acta Horticulturae* 682: 1937-1941.
- Critzer, F. J. & Doyle, M. P. 2010. Microbial ecology of foodborne pathogens associated with produce. *Current Opinion in Biotechnology* 21: 125–130.
- Cui, X., Shang, Y., Shi, Z., Xin, H. & Cao, W. 2009. Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. *Journal of Food Engineering* 91: 582–586.
- Das, H. 2005. *Food Processing Operations Analysis*. New Delhi: Asian Books Private Ltd. 416 s.
- Day, B. 1990. Modified atmosphere packaging of selected prepared fruit and vegetables. Teoksessa: Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Erinksson, C., Gormley, T. R., Linko, P. & Paulus, K (toim.). *Processing and quality of foods*, Vol 3. *chilled foods: The revolution in freshness*. London, Elsevier, s. 230-233. (ref. Zhu ym. 2001)
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. 2008. Active and intelligent food packaging: Legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology* 19: 103–112.
- Delaquis, P. J., Stewart, S., Toivonen, P. M. A. & Moyls, A. L. 1999. Effect of warm, chlorinated water on the microbial flora of shredded iceberg lettuce. *Food Research International* 32: 7–14
- Dennis, C. 1983. Salad crops. Teoksessa: Dennis, C. (toim.). *Post-harvest pathology of fruits and vegetables*. Academic Press, New York. s. 157-164
- Deza, M. A., Araujo, M. & Garrido M. J. 2003. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes by neutral electrolyzed water. *Letters in Applied Microbiology* 37: 482-487.
- de Azeredo, H. M. C. 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International* 42: 1240–1253.
- de Azeredo, H. M. C. 2013. Antimicrobial nanostructures in food packaging. *Trends in Food Science & Technology* 30: 56–69.
- Dehghani M. H. 2005. Effectiveness of Ultrasound on the Destruction of *E. Coli*. *American Journal of Environmental Science* 1: 187-189.
- De Roever, C. 1998. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control* 9: 321–347.

- Di Scala, K. C., Roura, S. I. & Crapiste, G. H. 2006. Modeling of structural and quality changes during drying of vegetables: Application to red sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Teoksessa: Del Pilar Buera, M., Welti-Chanes, J., Lillford, P. J. & Corti, H. R. (toim.). Water Properties of Food, Pharmaceutical, and Biological Materials (9th International Symposium on the Properties of Water in Foods (ISOPOW 2004), Mar del Plata, Argentina, Sep 25-30, 2004). Food Preservation Technology Series 9: 537-542.
- Doores, S. 1993. Organic acids. Teoksessa: Brannen A. L. & Davidson, P. M. (toim.). In Antimicrobials in Foods. New York: Marcel Dekker. s. 95–124.
- Durak, M. Z., Churey, J. J. & Worobo, R. W. 2012. Efficacy of UV, acidified sodium hypo-chlorite, and mild heat for decontamination of surface and infiltrated *Escherichia coli* O157:H7 on green onions and baby spinach. Journal of Food Protection 75: 1198-1206.
- Eggink, P. M., Maliepaard, C., Tikunov, Y., Haanstra, J. P. W., Bovy, A. G. & Visser, R. G. F. 2012. A taste of sweet pepper: Volatile and non-volatile chemical composition of fresh sweet pepper (*Capsicum annuum*) in relation to sensory evaluation of taste. Food Chemistry 132: 301-310.
- Erkmen, O. 2000. Antimicrobial effect of pressurised carbon dioxide on *Enterococcus faecalis* in physiological saline and foods. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 465-470
- Ertek, A., Sensoy, S., Gedik, I. & Kucukyumuk, C. 2006. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. Agricultural Water Manage 81: 159-172.
- Esveld-Amanatidou, A., Slump, R. A. & Smid, E. J. 2003. Microbial interactions on minimally processed carrots under elevated oxygen and carbon dioxide concentrations. Teoksessa: Oosterhaven, J. & Peppelenbos, H. W. (toim.). Proceedings of the 8th International Controlled Atmosphere Research Conference, Vols I & II. Acta Horticulturae 600: 621-628.
- Evira 2011. Huomioitavaa itujen käsittelyssä ja valmistamisessa. [http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus\\_ja\\_myynti/kasvikset/mikrobiologinen\\_turvallisuus/huomioitavaa\\_itujen\\_kasittelyssa\\_ja\\_valmistamisessa](http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus_ja_myynti/kasvikset/mikrobiologinen_turvallisuus/huomioitavaa_itujen_kasittelyssa_ja_valmistamisessa). Päivitetty 30.6.2011. Viitattu 1.2.2013.
- Evira 2012. Punajuuri. [http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa\\_elintarvikkeista/elintarvikevaarat/elintarvikkeiden\\_kayton\\_rajitukset/punajuuri](http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa_elintarvikkeista/elintarvikevaarat/elintarvikkeiden_kayton_rajitukset/punajuuri) Julkaistu 26.3.2012, viitattu 29.5.2012.
- Fao/WHO 2008. microbiological hazards in fresh fruits and vegetables. microbiological risk assessment series. [http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA\\_FruitVegetables.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA_FruitVegetables.pdf). Viitattu 4.5.2013.
- Farber, J. M., Wang, S. L., Cai, Y. & Zhang, S. 1998. Changes in populations of *Listeria monocytogenes* inoculated on packaged fresh-cut vegetables. Journal of Food Protection 61: 192–5.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S. & Lurie, S. 1996. The effectiveness of postharvest hot water dipping on the control of grey and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). Plant Pathology 45: 644-649.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H. & Bar-Lev, E. 1999. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. Postharvest Biology and Technology 15: 25-32.
- Fernández, A., Noriega, E. & Thompson, A. 2013. Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology. Food Microbiology, 33: 24–29.
- Fernández, A., Shearer, N., Wilson, D. R. & Thompson, A. 2012. Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. International Journal of Food Microbiology 152: 175–180.
- Ferreres, F., Gil, M. I. & Tomás-Barberán, F.A. 1996. Anthocyanins and flavonoids from shredded red onion and changes during storage in perforated films. Food Research International 29: 389-395.
- Fillion, L. & Kilcast, D. 2002. Consumer perception of crispness and crunchiness in fruits and vegetables. Food Quality and Preference 13: 23–29.

- Finn, M. J. & Upton, M. E. 1997. Survival of pathogens on modified-atmosphere-packaged shredded carrot and cabbage. *Journal of Food Protection* 60: 1347-1350.
- Forney, C. F., Song, J., Hildebrand, P. D., Fan, L. & McRae, K. B. 2007. Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots. *Postharvest Biology and Technology* 45: 341-348.
- Forney, C. F., Jordan, M. A., Fan, L. H., Doucette, C. & Grant, R. 2012. Influence of packaging on loss of aroma and quality of diced red onions. Teoksessa: Cantwell, M. I. & Almeida, D. P. F. (toim.). XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Postharvest Technology in the Global Market. *Acta Horticulturae* 934: 523-530.
- Franzetti, L. & Galli, A. 1999. Microbial quality indicators in minimally processed stick carrots. *Annali di Microbiologia ed Enzimologia* 49: 137-144.
- Francis, G. A., Gallone, A., Nychas, G. J., Sofos, J. N., Colelli, G., Amodio, M. L. & Spano, G. 2012. Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52: 595-610.
- Francis, G. A. & O'Beirne, D. 2001a. Effects of acid adaptation on the survival of *Listeria monocytogenes* on modified atmosphere packaged vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* 36: 477-487.
- Francis, G. A. & O'Beirne, D. 2001b. Effects of vegetable type, package atmosphere and storage temperature on growth and survival of *Escherichia coli* O157 : H7 and *Listeria monocytogenes*. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 27: 111-116.
- Francis, G. A. & O'Beirne, D. 2002. Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of *Listeria innocua* and *E. coli*. *International Journal of Food Science & Technology* 37: 711-718.
- Francis, G. A. & O'Beirne, D. 2006. Isolation and pulsed-field gel electrophoresis typing of *Listeria monocytogenes* from modified atmosphere packaged fresh-cut vegetables collected in Ireland. *Journal of Food Protection* 69: 2524-2528.
- Frizzell, L. A. 1988. Biological effect of acoustic cavitation. Teoksessa: Suslick, K.S (toim.). *Ultrasound: its chemical, physical, and biological effects*. Weinheim: VCH Publishers Inc. s. 287-303.
- Fu, Y. C., Zhang, K. L., Wang, N. Y. & Du, J. H. 2007. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on polyphenol oxidases from Golden Delicious apple. *LWT-Food Science and Technology* 40: 1362-1368.
- Gabriel, A. A. 2005. Microbial quality of chlorine soaked Mung bean seeds and sprouts. *Food Science and Technology Research* 11: 95-100.
- Galindo, F. G., Elias, L., Gekas, V., Herppich, W. B., Smallwood, M., Sommarin, M., Worrall, D. & Sjöholm, I. 2005a. On the induction of cold acclimation in carrots (*Daucus carota* L.) and its influence on storage performance. *Food Research International* 38: 29-36.
- Galindo, F. G., Elias, L., Gekas, V., Herppich, W. B., Smallwood, M., Sommarin, M., Worrall, D. & Sjöholm, I. 2005b. On the induction of cold acclimation in carrots (*Daucus carota* L.) and its influence on storage performance (erratum). *Food Research International* 38: 477-477.
- Gan-Mor, S., Regev, R., Levi, A. & Eshel, D. 2011. Adapted thermal imaging for the development of post-harvest precision steam-disinfection technology for carrots. *Postharvest Biology and Technology* 59: 265-271.
- Garg, N., Churey, J. J., & Splittstoesser, D. F. 1990. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. *Journal of Food Protection* 53: 701-702.
- Gasztonyi, M. N., Daood, H., Hajos, M. T. & Biacs, P. 2001. Comparison of red beet (*Beta vulgaris* var *conditiva*) varieties on the basis of their pigment components. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 932-933.
- Gioppo, M., Olinik, J. R. & Ayub, R. A. 2011. Postharvest quality of carrot cultivars, packaged and in bulk. *African Journal of Biotechnology* 10: 8855-8859.
- Gómez-López, V. M., Ragaert, P., Debevere, J. & Devlieghere, F. 2007. Pulsed light for food decontamination: A review. *Trends in Food Science & Technology* 18: 464-473.



- Graça, A., Abadias, M., Salazar, M. & Nunes, C. 2011. The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples. *Postharvest Biology and Technology* 61: 172–177.
- Grimi, N., Praporscic, I., Lebovka, N. & Vorobiev, E. 2007. Selective extraction from carrot slices by pressing and washing enhanced by pulsed electric fields. *Separation and Purification Technology* 58: 267–273.
- Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Science* 24: 227–247.
- Guerra, M., Magdaleno, R. & Casquero, P. A. 2011. Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper. *Scientia Horticulturae* 130: 141–145.
- Guerrero-Beltrán, J. A., Barbosa-Cánovas, G. V. & Swanson, B. G. 2005. High hydrostatic pressure processing of fruit and vegetable products. *Food Reviews International* 21: 411–425.
- Guichard, S., Bertin, N., Leonardi, C. & Gary, C. 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie* 21: 385–392.
- Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K. & Seydim, A. C. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Science and Technology* 37: 453–460.
- Haard, N. 1985. Characteristics of edible plant tissues. Teoksessa: Fennema O. R. (toim.). *Food chemistry*. New York, USA: Marcel Dekker. s. 858–890.
- Habibi, N. M. B., & Haddad, K. M. H. 2009. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control* 20: 27–30.
- Hakim, A. 1997. Approaches to reduce chilling injury of tomato fruit. Dissertation University of Helsinki. Department of Plant Production. Horticulture section. Publication 31. 244 s.
- Hakim, A., Purvis, A. C., Mullinix, B. G., 1999. Differences in chilling sensitivity of cucumber varieties depends on storage temperature and the physiological dysfunction evaluated. *Postharvest Biology and Technology* 17: 97–104.
- Hallanvuori, S. & Johansson, T. 2010. Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaarat. *Eviran julkaisu* 1/2010. 204 s.
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E. & Wang, C. Y. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks, USDA Handbook 66. Washington DC. 160 s.
- Harris, L. J., Farber, J. N., Beuchat, L. R., Parish, M. E., Suslow, T. V., Garrett, E. H. & Busta F.F. 2003. Outbreaks associated with fresh produce: Incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2: 78–141.
- Hassenberg, K., Frohling, A., Geyer, M., Schluter, O. & Herppich, W. B. 2008. Ozonated wash water for inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on carrots and the effect on the physiological behaviour of produce. *European Journal of Horticultural Science* 73: 37–42.
- Hasunen, K., Kalavainen, M., Keinonen, H., Lagström, H., Lyytikäinen, A., Nurtila, A., Peltola, T. & Talvia, S. 2004. Imeväis- ja leikki-ikäisten lasten, odottavien ja imettävien äitien ravitsemussuositus. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2004:11, Edita Prima Oy, Helsinki. 264 s.
- He, Q., Luo, Y. & Chen, P. 2008. Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite. *Food Chemistry* 110: 847–851.
- Hellstrom, S., Kervinen, R., Lyly, M., Ahvenainen-Rantala, M., & Korkeala, H. 2006. Efficacy of disinfectants to reduce *Listeria monocytogenes* on pre-cut iceberg lettuce. *Journal of Food Protection*, 69: 1565–1570.
- Herppich, W. B., Mempel, H. & Geyer, M. 2000a. Carrot water relations during post-harvest: effects on internal and external product quality. Teoksessa: Florkowski, W. J., Prussia, S. E. & Shewfelt, R. L. (toim.). *Integrated view of fruit & vegetable quality* (International multidisciplinary conference, May 1–3 2000, University of Georgia, USA). s. 64–72.
- Herppich, W. B., Mempel, H. & Geyer, M. 2000b. Interactive effects of mechanical impacts, temperature and humidity on water relations and tissue elasticity of stored carrots. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 74: 271–276.
- Herppich, W.B., Mempel, H. & Geyer, M. 2001. Osmotic and elastic adjustment, and product quality in cold-stored carrot roots (*Daucus carota* L.). *Gartenbauwissenschaft* 66: 20–26.

- Hesser, A. 2013. Salad in sealed bags isn't so simple seems. New York Times, January 14, 2003. <http://query.nytimes.com=gst=fullpage.html?res%3D9C04E1DC1231F937A25752C0A9659C8B63&sec%3D&spon%3D&pagewanted%3Dall#.iitattu> 10.3.2014.
- Hildebrand, P. D., Forney, C. F., Song, J., Fan, L. & Mcrae, K. B. 2008. Effect of a continuous low ozone exposure (50 nL L<sup>-1</sup>) on decay and quality of stored carrots. *Postharvest Biology and Technology* 49: 397-402.
- Ho, L. C. & Adams, P. 1989. Effects of diurnal changes in the salinity of the nutrient solution on the accumulation of calcium by tomato fruit. *Annals of Botany* 64: 373-382.
- Hobson, G. E. & Bedford, L. 1989. The composition of cherry tomatoes and its relation to consumer acceptability. *Journal of Horticultural Science* 64: 321-329.
- Hodges, D. M. & Toivonen, P. M. A. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology* 48: 155-162.
- Hong, G., Peiser, G. & Cantwell, M. I. 2000. Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. *Postharvest Biology and Technology* 20: 53-61.
- Hong, S. I. & Kim, D. 2004. The effect of packaging treatment on the storage quality of minimally processed bunched onions. *International Journal of Food Science and Technology* 39: 1033-1041.
- Horvitz, S. & Cantalejo, M. J. 2014. Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54: 312-339.
- Hovi, T., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2004. Interlighting improves production of year-round cucumber. *Scientia Horticulturae* 102: 283-294.
- Howard, L. R., Yoo, K. S., Pike, L. M. & Miller, G. H. 1994. Quality changes in diced onions stored in film packages. *Journal of Food Science* 59: 110-112.
- Howard, M. B. & Hutcheson S. W. 2003. Growth dynamics of *Salmonella enterica* strains on alfalfa sprouts and in waste seed irrigation water. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 548-553.
- Hu, H. J., Churey, J. J. & Worobo, R. W. 2004. Heat treatments to enhance the safety of mung bean seeds. *Journal of Food Protection* 67: 1257-1260.
- Hwang, E. S., Cash, J. N. & Zabik, M. J. 2001. Ozone and hydrogen peroxyacetic acid treatment to reduce or remove EBDCs and ETU residues in a solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5689-5694.
- Ilic, Z. S., Trajkovic, R., Pavlovic, R. & Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y. & Fallik, E. 2012. Effect of heat treatment and individual shrink packaging on quality and nutritional value of bell pepper stored at suboptimal temperature. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 83-90.
- Inaba, M., Hamazu, Y. & Chachin, K. 1996. Influence of temperature stress on color development, respiration rate, and physiological injury in harvested tomato. *Bulletin University of Osaka Prefecture. Ser. B. Agriculture Life Sciences*, 48:1-11.
- Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Miwa, N., Muhimbula, H. & Iwasaki, K. 2011. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. *Food Control* 22: 601-607.
- Izumi, H. 1999. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *Journal of Food Science* 64: 536-539.
- Izumi, H. 2007. Current status of the fresh-cut produce industry and sanitizing technologies in Japan. Teoksessa: Kanlayanarat, S., Toivonen, P. M. A. & Gross, K. C. (toim.): *Proceedings of the International Conference on Quality Management of Fresh Cut Produce. Acta Horticulturae* 746: 45-52.
- Izumi, H., Watada, A. E., Ko, N. P. & Douglas, W. 1996. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. *Postharvest Biology and Technology* 9: 165-172.
- Jacxsens, L., Devlieghere, F., Falcato, P. & Debevere, J. 1999. Behavior of *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas* spp. on fresh-cut produce packaged under equilibrium-modified atmosphere. *Journal of Food Protection* 62: 1128-1135.

- Jaquette, C. B., Beuchat, L. R. & Mahon, B. E. 1996. Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella Stanley* inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting and storage. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 2212–2215.
- Jadczak, D., Grzeszczuk, M. & Kosecka, D. 2010. Quality characteristics and content of mineral compounds in fruit of some cultivars of sweet pepper (*Capsicum Annuum L.*). *Journal of Elementology* 15: 509-515.
- Jin, H. H. & Lee, S. Y. 2007. Combined effect of aqueous chlorine dioxide and modified atmosphere packaging on inhibiting *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in mungbean sprouts. *Journal of Food Science* 72: 441-445.
- Jung, W. Y., Choi, Y. M. & Rhee, M. S. 2009. Potential use of supercritical carbon dioxide to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella typhimurium* in alfalfa sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology* 136: 66-70.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. Teoksessa: Kader A. A. (toim.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 3. painos. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, Publication No. 3311. Oakland: CA. s. 39-48.
- Kaess, G. & Weidemann, J. F. 1968. Ozone treatment of chilled beef. *Journal of Food Technology* 3: 325-334.
- Kakiomenou, K., Tassou, C. & Nychas, G.J. 1996. Microbiological, physicochemical and organoleptic changes of shredded carrots stored under modified storage. *International Journal of Food Science and Technology* 31: 359-366.
- Kakiomenou, K., Tassou, C. & Nychas, G. J. 1998. Survival of *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on salad vegetables. *World Journal of Microbiology & Biotechnolog* 14: 383-387.
- Karaca, H. & Velioglu, Y. S. 2007. Ozone applications in fruit and vegetable processing. *Food Reviews International* 23: 91–106.
- Karakas, B. & Yildiz, F. 2007. Peroxidation of membrane lipids in minimally processed cucumbers packaged under modified atmospheres. *Food Chemistry* 100: 1011-1018
- Kasim, M.U., Kasim, R. & Erkal, S. 2008. UV-C treatments on fresh-cut green onions enhanced antioxidant activity, maintained green color and controlled 'telescoping'. *Journal of Food Agriculture & Environment* 6: 63-67
- Kasmire, R. F., Thompson, J. F. 1992. Selecting a cooling method. Teoksessa: Kader, A. A. (toim.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2. painos. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication No. 3311. Oakland: CA. s 63–68.
- Kato-Noguchi, H. & Watada, A. E. 1997a. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. *HortScience* 32: 136-136.
- Kato-Noguchi, H. & Watada, A. E. 1997b. Effects of low-oxygen atmosphere on ethanol fermentation in fresh-cut carrots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 107-111.
- Keeratipibul, S., Phewpan, A. & Lursinsap, C. 2011. Prediction of coliforms and *Escherichia coli* on tomato fruits and lettuce leaves after sanitizing by using artificial neural networks. *LWT Food Science and Technology* 44: 130-138.
- Kerry, J. P., O'Grady, M. N. & Hogan, S. A. 2006. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science* 74: 113–130.
- Keteleer, A., Demulder, C. & Hermans, A. & Tobback, P. 1992. Biplot presentation of the physiological-biochemical characterization and the sensory quality of minimally processed leek stored under modified atmosphere. Teoksessa: Saltveit, M.E. (toim.). *International Symposium on the Physiological basis of postharvest technologies*, Univ Calif Davis, Aug 10-13, 1992. *Acta Horticulturae* 343: 345-346.
- Kim, H.J., Feng, H., Toshkov, S.A. & Fan, X.T. 2005. Effect of sequential treatment of warm water dip and low-dose gamma irradiation on the quality of fresh-cut green onions. *Journal of Food Science* 70: 179-185.
- Kim, H. J., Fonseca, J. M., Kubota, C. & Choi, J. H. 2007. Effect of hydrogen peroxide on quality of fresh-cut tomato. *Journal of Food Science* 72: 463-467.

- Kim, C., Hung, Y.-C. & Brackett, R. E. 2000. Roles of oxidation–reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Journal of Food Protection* 63: 19–24.
- Kim, C., Hung, Y.-C., Brackett, R.E. & Lin, C.-S. 2003. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *Journal of Food Protection* 66: 208-214.
- Kim, H. & Beuchat, L. R. 2005. Survival and growth of *Enterobacter sakazakii* on fresh-cut fruits and vegetables and in unpasteurized juices as affected by storage temperature. *Journal of Food Protection* 68: 2541-2552.
- Kim, Y., Kim, M. & Bin Song, K. 2009. Combined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Science and Technology* 42: 1654-1658.
- Kim, H. Ryu, J.-H., Beuchat, L. R. 2006. Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination. *International Journal of Food Microbiology* 111: 134-143.
- Kim, J.G., Yousef, A.E. & Chism, G. W. 1999a. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal Food Safety* 19: 17–34.
- Kim, J. G., Yousef, A. E. & Dave, S. 1999b. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection* 62: 1071-1087.
- Kirkland, E., Green, L. R., Stone, C., Reimann, D., Nicholas, D., Mason, R., Frick, R., Coleman, S., Bushnell, L., Blade, H., Radke, V. & Selman, C. 2009. Tomato Handling Practices in Restaurants. *Journal of Food Protection* 72:1692-1698
- Kitis, M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: A review. *Environment International* 30, 1: 47–55.
- Klaiber, R. G., Baur, S., Koblo, A. & Carle, R. 2005a. Influence of washing treatment and storage atmosphere on phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic acid content of minimally processed carrot sticks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1065-1072.
- Klaiber, R. G., Baur, S., Wolf, G., Hammes, W. P. & Carle, R. 2005b. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6: 351-362.
- Klaiber, R.G., Baur, S., Magel, L., Hammes, W.P. & Carle, R. 2004. Quality of shredded, packaged carrots as affected by different washing treatments. *Journal of Food Science* 69: 161-166.
- Klein, B. 1992. Fruits and vegetables. Teoksessa: Bowers J. (toim.). Food theory and applications. New York: USA. Macmillan Publishing Company. s. 687-748
- Knockaert, G., De Roeck, A., Lemmens, L. Van Buggenhout, S., Hendrickx, M. & Van Loey, A. 2011. Effect of thermal and high pressure processes on structural and health-related properties of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry* 125: 903-912.
- Knorr, D., Froehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueter, O. & Schoessler, K. 2011. Emerging technologies in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology* 2: 203–235.
- Koca, N. & Karadeniz, F. 2008. Changes of bioactive compounds and anti-oxidant activity during cold storage of carrots. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 2019-2025.
- Koide, S. & Shi, J. 2007. Microbial and quality evaluation of green peppers stored in biodegradable film packaging. *Food Control* 18: 1121-1125.
- Koide, S., Shitanda, D., Note, M. & Cao, W. 2011. Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot. *Food Control* 22: 452-456.
- Koivisto, L. 2007. Tuotantotekniikan ja säilytysajan vaikutus kasvihuonekurkkujen ja – tomaattien aistittavaan laatuun. Pro Gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. EKT-sarja 1404. 110 s.
- Kopsell, D. E. & Randle, W. M. 1997. Onion cultivars differ in pungency and bulb quality changes during storage. *HortScience* 32: 1260-1263.
- Koseki, S., Isobe, S., 2006. Effect of ozonated water treatment on microbial control and on browning of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Protection* 69: 154–160.

- Koseki, S. & Itoh, K. 2001. The effect of acidic electrolyzed water on the quality of cut vegetables. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 48: 365-369.
- Koseki, S. & Itoh, K. 2000a. Effect of acidic electrolyzed water on the microbial counts in shredded vegetables. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 47: 722-726.
- Koseki S, Yoshida, K., Isobe, S. & Itoh, K, 2001. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. *Journal of Food Protection* 64: 652– 658.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S. Itoh K. 2004. Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. *Journal of Food Protection* 67: 1247–1251
- Kotimaiset kasvikset 2013. Sipulit.  
[http://www.kasvikset.fi/Suomeksi/Asiakkaille/Kasvitieto/Syotavat\\_kasvit/Sipulit](http://www.kasvikset.fi/Suomeksi/Asiakkaille/Kasvitieto/Syotavat_kasvit/Sipulit). Viitattu 14.8.2013.
- Kotimaiset kasvikset 2014. Suosituslämpötilat.  
<http://www.kasvikset.fi/WebRoot/1033640/Oletussivu.aspx?id=1047498>. Viitattu 1.4.2014.
- Kotimaiset kasvikset 2015. Punajuuri.  
[http://www.kasvikset.fi/Suomeksi/Asiakkaille/Kasvitieto/Kasvit\\_A-O/P/Punajuuri](http://www.kasvikset.fi/Suomeksi/Asiakkaille/Kasvitieto/Kasvit_A-O/P/Punajuuri). Viitattu 2.1.2015.
- Kujala, T. S., Loponen, J. M., Klika, K. D. & Pihlaja, K. 2000. Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: Distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 5338-5342.
- Lang, M. M., Ingham, B. H. & Ingham, S. C. 2000. Efficacy of novel organic acid and hypochlorite treatments for eliminating *Escherichia coli* O157:H7 from alfalfa seeds prior to sprouting. *International Journal of Food Microbiology* 58: 73-82.
- Lavelli, V., Pagliarini, E., Ambrosoli, R., Minati, J. L. & Zandoni, B. 2006. Physicochemical, microbial, and sensory parameters as indices to evaluate the quality of minimally-processed carrots. *Postharvest Biology and Technology* 40: 34-40.
- Len, S.-V., Hung, Y.-C., Erickson, M. & Kim, C. 2000. Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water as influenced by amperage and pH. *Journal of Food protection* 63: 1534-1537.
- Leshuk, J. A. & Saltveit, M. E. 1990. Controlled atmosphere storage requirements and recommendations for vegetables. Teoksessa: Calderon, M. & Barkai-Golan, R. (toim.). *Food Preservation by Modified Atmospheres*. Boca Raton: FL. CRC Press. s. 315-352.
- Levonen, H. 1957. Kasvihuonekurkun viljely. Puutarhaliiton opaskirjoja n:o 7. Vammalan Kirjapaino, Vammala 74 s.
- Liew, C. L. & Prange, R. K. 1994. Effect of ozone and storage-temperature on post-harvest diseases and physiology of carrots (*Daucus Carota* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 563-567.
- Lim, C. S., Kang, S. M., Cho, J. L., An, C. G., Oh, J. Y. & Hwang, H. J. 2008. Quality of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by cultivar and storage period. Teoksessa: Hewett, E.W., Lurie, S. & Wunsche, J.N. (toim.). *International Symposium on the Role of Postharvest Technology in the Globalisation of Horticulture held at the 27th International Horticultural Congress, Seoul, South Korea, Aug 13-19, 2006. Proceedings of the International Symposium on the Role of Postharvest Technology in the Globalisation of Horticulture. Acta Horticulturae* 768: 533-537.
- Li, Y., Brackett, R. E., Chen, J. & Beuchat L. R. 2001. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated onto cut lettuce before or after heating in chlorinated water, followed by storage at 5 or 15 °C. *Journal of Food protection* 64: 305-309.
- Lin, C.-M., Moon, S. S., Doyle, M. P. & McWatters, K. H. 2002. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* Serotype Enteritidis, and *Listeria monocytogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat. *Journal of Food Protection* 65: 1215–1220.
- Liu, J., Stevens, C. Khan, V.A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Adeyeye, O., Kabwe, M. K., Pusey, P. L., Chalutz, E., Sultana, T. & Droby, S. 1993. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *Journal of Food protection* 56: 868-873.

- López-Gálvez, G., Peiser, G., Nie, X. & Cantwell, M., 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A* 205, 1: 64–72.
- Luo, Y., Lu, S., Zhou, B., & Feng, H. 2011. Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples. *LWT-Food Science and Technology* 44: 1621–1625.
- Lurie, S., Handros, A., Fallik, E. & Shapira, R. 1996. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature: Effects on tomato fruit ripening. *Plant Physiology* 110:1207-1214.
- Maharaj, R., Arul, J. & Nadeau, P. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biology and Technology* 15: 13-23.
- Magnusson, M. 1990. Knölfänkål och rodbeta, odlingsvärdeprövningar 1989. Rapport from Norrlands lantbruksförsöksanstalt Röbäcksdalen. Umeå, nr 1990:5. 7 s.
- Maitland, J. E., Boyer, R. R., Eifert, J. D, Williams R. C. 2011. High hydrostatic pressure processing reduces *Salmonella enterica* serovars in diced and whole tomatoes. *International Journal of Food Microbiology* 149: 113-117.
- Malundo, T. M. M., Shewfelt, R. L. & Scott, J. W. 1995. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as affected by sugar and acid levels. *Postharvest Biology and Technology* 6: 103-110.
- Maneerat, C., Hayata, Y., Muto, N. & Kuroyanagi, M. 2003. Investigation of UV-A light irradiation on tomato fruit injury. *Journal of Food protection* 66: 2168-2170.
- Manolopoulou, H., Xanthopoulos, G., Douros, N. & Lambrinos, G. 2010. Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems Engineering* 106: 535-543.
- Martin-Diana, A. B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frias, J. M., Mulcahy, J. & Henehan, G. T. M. 2005. Comparison of calcium lactate with chlorine as a washing treatment for fresh-cut lettuce and carrots: Quality and nutritional parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2260–2268.
- Matilda Puutarhatilastot 2011.  
[http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/vihannesviljely\\_avomaalla\\_2011\\_korjattu\\_290612.xls&nid=2708](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/vihannesviljely_avomaalla_2011_korjattu_290612.xls&nid=2708). Viitattu 31.8.2012.
- Mazzoni, A. M., Sharma, R. R., Demirci, A. & Ziegler, G. R. 2001. Supercritical carbon dioxide treatment to inactivate aerobic microorganisms on alfalfa seeds. *Journal of Food Safety* 21: 215-223.
- Meng, X., Zhang, M. & Adhikari, B. 2012. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment. *Postharvest Biology and Technology* 71: 13-20.
- Meng, X. Y., Zhang, M., Zhan, Z. G. & Adhikari, B. 2014. Changes in quality characteristics of fresh-cut cucumbers as affected by pressurized argon treatment. *Food and Bioprocess Technology* 7: 693-701.
- Mercier, J., Roussel, D., Charles, M. T. & Arul, J. 2000. Systemic and local responses associated with UV- and pathogen-induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. *Phytopathology* 90: 981-986.
- Mercier, J., Arul, J., Ponnamoalam, R. & Boulet, M. 1993. Induction of 6-Methoxymellein and resistance to storage pathogens in carrot slices by UV-C. *Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift* 137: 44-54.
- Miao, M., Xu, X., Chen, X., Xue, L. & Cao, B. 2007. Cucumber carbohydrate metabolism and translocation under chilling night temperature. *Journal of Plant Physiology* 164: 621-628.
- Miller, F. A., Silva, C. L. M. & Brandão, T. R. S. 2013. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Engineering Reviews* 5: 77-106.
- Mohammed, M. & Brecht, J. K. 2003. Immature fruit vegetables. Teoksessa: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (toim.). *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. New York, USA: Marcel Dekker. s. 671-690.
- Montville, R. & Schaffner, S. 2005. Monte Carlo simulation of pathogen behavior during the sprout production process. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 746–753.

- Mukhopadhyay, S. & Ramaswamy, R. 2012. Application of emerging technologies to control *Salmonella* in foods: A review. *Food Research International* 45: 666–677.
- Munoz, M., De Ancos, B., Sanchez-Moreno, C. & Cano, M.P. 2006. Evaluation of chemical and physical (high-pressure and temperature) treatments to improve the safety of minimally processed mung bean sprouts during refrigerated storage. *Journal of Food Protection* 69: 2395-2402.
- Murmann, T. 1992. Kasvihuonekurkun viljely. Kauppapuutarhaliitto ry, julkaisu n:o 4, Vantaa. 139 s.
- Murmann, T. 1996. Tomaatin viljely. Kauppapuutarhaliitto ry:n tuotanto-osaston julkaisu nro. 8. Helsinki: Delta-sky Oy. 125 s.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF). 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology* 52: 123–153
- Nazzaro, F., Caliendo, G., Arnesi, G., Veronesi, A., Sarzi, P. & Fratianni, F. 2009. Comparative content of some bioactive compounds in two varieties of *Capsicum annuum* L. sweet pepper and evaluation of their antimicrobial and mutagenic activities. *Journal of Food Biochemistry* 33: 852-868.
- Neetoo, H. & Chen, H. Q. 2010a. Inactivation of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on artificially contaminated alfalfa seeds using high hydrostatic pressure. *Food Microbiology* 27: 332-338.
- Neetoo, H. & Chen, H. Q. 2011. Individual and combined application of dry heat with high hydrostatic pressure to inactivate *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Food Microbiology* 28: 119-127.
- Neetoo, H. & Chen, H. Q. 2010b. Pre-soaking of seeds enhances pressure inactivation of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on crimson clover, red clover, radish and broccoli seeds. *International Journal of Food Microbiology* 137: 274-280.
- Neetoo, H., Nekoozadeh, S., Jiang, Z. & Chen, H. Q. 2011. Application of high hydrostatic pressure to decontaminate green onions from *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiology* 28: 1275-1283.
- Neetoo, H., Pizzolato, T. & Chen, H. Q. 2009a. Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 from alfalfa seeds through a combination of high hydrostatic pressure and mild heat. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 1901-1907.
- Neetoo, H., Ye, M. & Chen, H. Q. 2009b. Factors affecting the efficacy of pressure inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds and seed viability. *International Journal of Food Microbiology* 131: 218-223.
- Neetoo, H., Ye, M. & Chen, H. Q. 2008. Potential application of high hydrostatic pressure to eliminate *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology* 128: 348-353.
- Nei, D., Bari, M. L., Inatsu, Y., Kawasaki, S., Todoriki, S. & Kawamoto, S. 2010. Combined effect of low-dose irradiation and acidified sodium chlorite washing on *Escherichia coli* O157:H7 inoculated on mung bean seeds. *Foodborne Pathogens and Disease* 7: 1217-1223.
- Nelson, S. O., Lu, C. Y., Beuchat, L. R. & Harrison, M. A. 2002. Radio-frequency heating of alfalfa seed for reducing human pathogens. *Transactions of the ASAE* 45: 1937-1942.
- Neves, F. I. G., Vieira, M. C. & Silva, C. L. M. 2012. Inactivation kinetics of peroxidase in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) by heat and UV-C radiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 13: 158–162.
- Nilsson, T. 2005. Effects of ethylene and 1-MCP in ripening and senescence of European seedless cucumbers. *Postharvest Biology and Technology* 35:113–125.
- Nogales-Delgado, S., Fernandez-Leon, A. M., Delgado-Adamez, J., Hernandez-Mendez, M. T. & Bohoyo-Gil, D. 2014. Lactic acid and ultraviolet-C as sanitizer for preserving quality of minimally processed romaine lettuce. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 774-783.
- Norrgren, U. & Molen, S.-A. 1987. Odling av växthusgurka. Sveriges Lantbruksuniversitet. Konsulentavdelningens rapporter. Trädgård 319. 59 s.
- Nunes, M. C. N., Emond, J.-P., Dea, S. & Yagiz, Y. 2011. Distribution center and retail conditions affect the sensory and compositional quality of bulk and packaged slicing cucumbers. *Postharvest Biology and Technology* 59: 280-288.

- Nykänen, H. 2009. Pakatun kasvihuonekurkun säilyvyyden parantaminen estämällä eteenin haittavaikutukset. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. EKT-sarja 1453. 128 s.
- Odumeru, J. A., Mitchell, S. J., Alves, D. M., Lynch, J. A., Yee, A. J., Wang, S. L., Styliadis, S. & Farber, J. M. 1997. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for health-care food services. *Journal of Food Protection* 60: 954-960.
- Ohlsson, T. & Bengtsson, N. 2002. Minimal processing technologies in the food industry. Cambridge: UK. Woodhead Publishing Ltd. 288 s.
- Olsson, M. E. & Gustavsson, K. E. 2009. Root vegetables as healthy convenient food. II International Symposium on Human Health Effects of Fruits and Vegetables: FAVHEALTH 2007. *Acta Horticulturae* 841: 303-308.
- Oms-Oliu, G., Martin-Belloso, O. & Soliva-Fortuny, R. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. A Review. *Food and Bioprocess Technology* 3: 13-23.
- Opatova, H., Sevcik, R., Dufkova, M. & Prodelal, R. 2003. Efficacy of decontamination methods on minimally processed vegetables. Teoksessa: Oosterhaven, J. & Pepelenbos, H. W. (toim.). Proceedings of the 8th International Controlled Atmosphere Research Conference, Vols I and II. *Acta Horticulturae* 600: 599-602.
- Osornio, M. M. L. & Chaves, A. R. 1997. Enhancement of shelf life of grated beetroots. *Journal of Food Protection* 60: 1230-1234.
- Osornio, M. M. L. & Chaves, A. R. 1998. Quality changes in stored raw grated beetroots as affected by temperature and packaging film. *Journal of Food Science* 63: 327-330.
- Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Harris, L. J., Garrett, E. H., Farber, J. N. & Busta F. F. 2003. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2: 161-173.
- Park, E. J., Alexander, E., Taylor, G. A., Costa, R. & Kang, D.H. 2009. The decontaminative effects of acidic electrolyzed water for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on green onions and tomatoes with differing organic demands. *Food Microbiology* 26: 386-390.
- Park, H., Hung, Y.-C., Doyle, M. P., Ezeike, G. O. I. & Kim, C., 2001. Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed oxidizing and acidified chlorinated water. *Journal of Food Science* 66: 1368-1372.
- Park, W. P., Lee, D. S. & Cho, S. H. 1999. Effect of grapefruit seed extract and antibrowning agents on the keeping quality of minimally processed vegetables. Teoksessa: Lee, J. M., Gross, K. C., Watada, A. E. & Lee, S. K. (toim.), International Symposium on Quality of Fresh and Fermented Vegetables. *Acta Horticulturae* 483: 325-330.
- Pascual, A., Llorca, I., & Canut, A. 2007. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends in Food Science & Technology* 18: 29-35.
- Peet, M. M. 2005. Irrigation and fertilization. Teoksessa: Heuvelink, P. (toim.). Tomatoes. Wallingford, UK: CABI Publishing. s.170-198.
- Péneau, S., Brockhoff, P. B., Escher, F. & Nuessli, J. 2007. A comprehensive approach to evaluate the freshness of strawberries and carrots. *Postharvest Biology and Technology* 45: 20-29.
- Penas, E., Gomez, R., Frias, J. & Vidal-Valverde, C. 2008. Application of high-pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts. *Food Control* 19: 698-705.
- Penas, E., Gomez, R., Frias, J. & Vidal-Valverde, C. 2010. Effects of combined treatments of high pressure, temperature and antimicrobial products on germination of mung bean seeds and microbial quality of sprouts. *Food Control* 21: 82-88.
- Perez-Gregorio, M. R., Garcia-Falcon, M. S. & Simal-Gandara, J. 2011a. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. *Food Chemistry* 124: 652-658.
- Perez-Gregorio, M. R., Gonzalez-Barreiro, C., Rial-Otero, R. & Simal-Gandara, J. 2011b. Comparison of sanitizing technologies on the quality appearance and antioxidant levels in onion slices. *Food Control* 22: 2052-2058.



- Perni, S., Liu, D. W., Shama, G. & Kong, M. G. 2008. Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of fruit. *Journal of Food Protection*, 71: 302–308.
- Persson, N.-E. 1987. Åländska sort- och saftförsök med morötter, rödbetor och rotselleri. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Trädgård Fakta, Litteraturreferat Nr 509. 2 s.
- Peters D. L. 1995. Control of enteric pathogenic bacteria on fresh produce [Master of Science]. Lincoln: University of Nebraska Graduate College. 158 s.
- Picchioni, G. A., Watada, A. E., Whitaker, B. D. & Reyes, A. 1996. Calcium delays senescence-related membrane lipid changes and increases net synthesis of membrane lipid components in shredded carrots. *Postharvest Biology and Technology* 9: 235–245.
- Pill, W. G. & Lambeth, V. N. 1980. Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relations, and elemental composition of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105: 730-734.
- Poli, G., Biondi, P. A., Uberti, F., Ponti, W., Balsari, A. & Cantoni, C. 1979. Virucidal activity of organic acids. *Food Chemistry* 4: 250–258.
- Pospisil, J., Cikovic, N., Dragovic-Uzelac, V., Lukin, V. & Brusic, D. 2001. The quality of sliced carrots affected by modified polyethylene foil and storage temperatures. *Acta Alimentaria* 30: 233-246.
- Puutarhaliitto 2012. Viljelykasvien nimistö. (toim. Räty, E.) Puutarhaliiton julkaisuja nro 363. Helsinki. 255 s.
- Raffo, A., Baiamonte, I., Nardo, N. & Paoletti, F. 2007. Internal quality and antioxidants content of cold-stored red sweet peppers as affected by polyethylene bag packaging and hot water treatment. *European Food Research and Technology* 225: 395-405. Raffo A., Baiamonte I. & Paoletti F. 2008. Changes in antioxidants and taste-related compounds content during cold storage of fresh-cut red sweet peppers. *European Food Research and Technology* 226: 1167-1174
- Rahman, S. M. E., Jin, Y. G. & Oh, D. H. 2011. Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensure microbial safety, shelf-life and sensory quality of shredded carrots. *Food Microbiology* 28: 484-491.
- Rai, D. R., Kaur, P. & Patil, R. T. 2011. Quality changes in fresh-cut capsicum (*Capsicum Annuum*) shreds under modified atmospheres during simulated retail and home storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 35: 402-409.
- Rai, D. R., Oberoi, H. S. & Baboo, B. 2002. Modified atmosphere packaging and its effect on quality and shelf life of fruits and vegetables - An overview. *Journal of Food Science and Technology* 39: 199-207.
- Rajkowski, K. T. 2007. Inhibition of *Shigella sonnei* by ultraviolet energy on agar, liquid media and radish sprouts. *Journal of Food Safety* 27: 233-240.
- Rawson, A., Koidis, A., Patras, A., Tuohy, M.G. & Brunton, N.P. 2010. Modelling the effect of water immersion thermal processing on polyacetylene levels and instrumental colour of carrot disks. *Food Chemistry* 121: 62-68.
- Reynolds, A. J. 1991. Principles of food sanitation. *Food Chemistry* 41: 363–364.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J. M. & Barry-Ryan, C. 2007a. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology* 18: 373-386.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Frias, J. M., Barat, J. M., Hennehan, G. T. M. & Barry-Ryan, C. 2007b. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering* 79: 1196-1206.
- Riva, M., Fessas, D. & Schiraldi, A. 2001a. Isothermal calorimetry approach to evaluate shelf life of foods. *Thermochimica Acta* 370: 73-81.
- Riva, M., Franzetti, L. & Galli, A. 2001b. Effect of storage temperature on microbiological quality and shelf-life of ready to use salads. *Annals of Microbiology* 51: 39-51.
- Rocha, A. M. C. N., Ferreira, J. F. F. C., Silva, A. M. M., Almeida, G. N. & Morais, A. M. M. B. 2007. Quality of grated carrot (var. Nantes) packed under vacuum. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 447-451.
- Rodgers, S. L., Cash, J. N., Siddiq, M., Ryser, E. T. 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *Journal of Food Protection* 67: 721–731.

- Rodoni, L. M., Concellon, A., Chaves, A. R. & Vicente, A. R. 2012. Use of UV-C Treatments to Maintain Quality and Extend the Shelf Life of Green Fresh-cut Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science* 77: 632-639.
- Rodov, V., Tietel, Z., Vinokur, Y., Horev, B. & Eshel, D. 2010. Ultraviolet light stimulates flavonol accumulation in peeled onions and controls microorganisms on their surface. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 9071-9076.
- Rodrigo, D., Barbosa-Canovas, G. V., Martinez, A. & Rodrigo, M. 2003. Pectin methyl esterase and natural microflora of fresh mixed orange and carrot juice treated with pulsed electric fields. *Journal of Food Protection* 66: 2336-2342.
- Rosenfeld, H. J., Samuelsen, R. T. & Matforsk, P. L. 1999. The effect of temperature on sensory quality, chemical composition and growth of carrots (*Daucus carota* L.). III. Different diurnal temperature amplitudes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74: 196-202.
- Rossmore, H. W. 2001. Nitrogen compounds. Teoksessa: Block, S. S. (toim.). Disinfection, sterilization and preservation. 5 painos. Philadelphia: USA. Lippincott Williams & Wilkins. s. 383-414.
- Ruiz-Cruz, S., Acedo-Felix, E., Diaz-Cinco, M., Islas-Osuna, M. A. & Gonzalez-Aguilar, G. A. 2007a. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. *Food Control* 18: 1383-1390.
- Ruiz-Cruz, S., Islas-Osuna, M. A., Sotelo-Mundo, R. R., Vazquez-Ortiz, F. & Gonzalez-Aguilar, G. A. 2007b. Sanitation procedure affects biochemical and nutritional changes of shredded carrots. *Journal of Food Science* 72: 146-152.
- Ryder, E. J. 1988. Lettuce, endive and chicory. Wallingford: UK. CABI Publishing. 208 s.
- Sagong, H.-G., Lee, S.-Y., Chang, P.-S., Heu, S., Ryu, S., Choi, Y.-J. & Kang, D.-H. 2011. Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *International journal of food microbiology* 145: 287-292.
- Sagong, H.-G., Cheon, H.-L., Kim, S.-O., Lee, S.-Y., Park, K.-H., Chung, M.-S., Choi, Y.-J. & Kang, D.-H. 2013. Combined effects of ultrasound and surfactants to reduce *Bacillus cereus* spores on lettuce and carrots. *International Journal of Food Microbiology* 160: 367-372.
- Sakaldas, M. & Kaynas, K. 2010. Biochemical and quality parameters changes of green sweet bell peppers as affected by different postharvest treatments. *African Journal of Biotechnology* 9: 8174-8181.
- Salo, T. 1992. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuu- teen ja satoon. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 16/92. Jokioinen: MTT. 43 s.
- Saltveit, M. E. 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? *Postharvest Biology and Technology* 27: 3-13.
- Saltveit, M. E. 2004. Cucumber. Teoksessa: Gross, K. C., Wang, C. Y. & Saltveit, M. E. (toim.). The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA Agricultural handbook number 66, United States Department of Agriculture, Beltsville, Maryland. <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/057cucumber.pdf>. Viitattu 10.2.2014.
- Sanz, S., Gimenez, M., Olarte, C., Lomas, C. & Portu, J. 2002. Effectiveness of chlorine washing disinfection and effects on the appearance of artichoke and borage. *Journal of Applied Microbiology* 93: 986-993.
- Sapers, G. M. 2009. Disinfection of contaminated produce with conventional washing and sanitizing technology. Teoksessa: Gerald, M. S., Ethan, B. S. & Karl, R. M. (toim.). The produce contamination problem. San Diego: USA Academic Press. s. 393-424.
- Sapers, G. M. & Jones, D. M. 2006. Improved sanitizing treatments for fresh tomatoes. *Journal of Food Science* 71: 252-256.
- Sargent, S. A., Maul, F., Moretti, C. L., Sims, C. A. 1997. Harvest maturity, storage temperature and internal bruising affect tomato flavor. 1997 Florida Tomato Institute Proceedings, University of Florida, IFAS. s. 22-24.
- Scouten, A. J. & Beuchat, L. R. 2002. Combined effects of chemical, heat and ultrasound treatments to kill *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Journal of Applied Microbiology* 92: 668-674.

- Selma, M. V., Allende, A., Lopez-Galvez, F., Conesa, M. A. & Gil, M. I. 2008a. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiology* 25: 809-814.
- Selma, M. V., Allende, A., Lopez-Galvez, F., Conesa, M. A. & Gil, M. I. 2008b. Heterogeneous photocatalytic disinfection of wash waters from the fresh-cut vegetable industry. *Journal of Food Protection* 71: 286-292.
- Seymour, I. J., Burfoot, D., Smith, R. L., Cox, L. A. & Lockwood, A. 2002. Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. *International Journal of Food Science & Technology* 37: 547-557.
- Sharma, R. R. & Demirci, A. 2003. Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water. *International Journal of Food Microbiology* 86: 231-237.
- Sharma, R. R., Demirci, A., Beuchat, L. R. & Fett, W. F. 2002a. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment. *Journal of Food Protection* 65: 447-451.
- Sharma, R. R., Demirci, A., Beuchat, L. R. & Fett, W. F. 2002b. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water under pressure. *Journal of Food Safety* 22: 107-119.
- Sharma, R. R., Demirci, A., Beuchat, L. R. & Fett, W. F. 2003. Application of ozone for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa sprouts. *Journal of Food Processing and Preservation* 27: 51-64.
- Sharma, R. R., Demirci, A., Puri, V. M., Beuchat, L. R. & Fett, W. F. 2004. Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds during exposure to ozonated or electrolyzed oxidizing water. *Transactions of the ASAE* 47: 173-181.
- Sharpe, D., Fan, L. H., Mcrae, K., Walker, B., MacKay, R. & Doucette, C. 2009. Effects of ozone treatment on *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* in relation to horticultural product quality. *Journal of Food Science* 74: 250-257.
- Shattuck, V. I., Kakuda, Y. & Shelp, B. J. 1991. Effect of low-temperature on the sugar and glucosinolate content of rutabaga. *Scientia Horticulturae* 48: 9-19.
- Shibairo, S. I., Upadhyaya, M. K. & Toivonen, P. M. A. 1997. Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage. *Scientia Horticulturae* 71: 1-12.
- Shock, C. C., Feibert, E. B. G. & Saunders, L. D. 1998. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. *HortScience* 33: 1188-1191.
- Shock, C. C., Feibert, E. B. G. & Saunders, L. D. 2000. Onion storage decomposition unaffected by late-season irrigation reduction. *HortTechnology* 10: 176-178.
- Showalter, R. K. 1993. Postharvest water intake and decay of tomatoes. *HortTechnology* 3: 97-98.
- Siddiq, M., Roidoung, S., Sogi, D. S. & Dolan, K. D. 2013. Total phenolics, antioxidant properties and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) treated with mild-heat. *Food Chemistry* 136: 803-806.
- Simoës, A. D., Ventrella, M. C., Moretti, C. L., Carnellosi, M. A. G. & Puschmann, R. 2010. Anatomical and physiological evidence of white blush on baby carrot surfaces. *Postharvest Biology and Technology* 55: 45-52.
- Simoës, A. D. N., Allende, A., Tudela, J. A., Puschmann, R. & Gil, M. I. 2011. Optimum controlled atmospheres minimise respiration rate and quality losses while increase phenolic compounds of baby carrots. *LWT-Food Science and Technology* 44: 277-283.
- Simon, P. W., Peterson, C. E. & Lindsay, R. C. 1980. Correlations between sensory and objective parameters of carrot flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28: 559-562.
- Singh, N., Singh, R. K., Bhunia, A. K., & Stroshine, R. L. 2002. Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157: H7 on lettuce and baby carrots. *LWT-Food Science and Technology* 35: 720-729.
- Singh, B. R., Chandra, M., Agarwal, R. & Babu, N. 2005. Curing of *Salmonella enterica*, serovar typhimurium-contaminated cowpea seeds and sprouts with vinegar and chlorination. *Journal of Food Processing and Preservation* 29: 268-277.

- Singh, N., Singh, R. K. & Bhunia, A. K. 2003. Sequential disinfection of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water, and thyme essential oil. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology* 36: 235-243.
- Singla, R., Ganguli, A. & Ghosh, M. 2011. An effective combined treatment using malic acid and ozone inhibits *Shigella* spp. on sprouts. *Food Control* 22: 1032-1039.
- Skog, L. J. & Chu, C. L. 2001. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 773-778.
- Snowdon, A. L., 1991. A Colour Atlas of Post-harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables: Vegetables, vol. 2. Aylesbury: UK. Manson Publishing Ltd. 718 s.
- Sode, F. & Kuhn, B. F. 1998. Respiration in MA-packed, cut carrots. *Journal of Food Engineering* 37: 223-232.
- Sommer, N. F. 1982. Postharvest handling practices and postharvest diseases of fruit. *Plant Disease* 66: 357-364.
- Song, J., Fan, L., Forney, C. F., Hildebrand, P. D., Jordan, M. A., Renderos, W. & McRae, K. B. 2003. Ozone and 1-MCP treatments affect the quality and storage life of fresh carrots. *Teoksessa: Prange, R. K. (toim.): Issues and Advances in Postharvest Horticulture, Vols 1 & 2. Acta Horticulturae* 628: 295-301.
- Soylemez, G., Brashears, M. M., Smith, D. A. & Cuppett, S. L. 2001. Microbial quality of alfalfa seeds and sprouts after a chlorine treatment and packaging modifications. *Journal of Food Science* 66: 153-157.
- Srilaong, V. & Tatsumi, Y. 2003. Oxygen action on respiratory processes in cucumber fruit (*Cucumis sativus*) stored at low temperature. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78: 629-633.
- Srilaong, V., Kanlayanarat, S. & Tatsumi, Y. 2005. Effects of high O<sub>2</sub> pretreatment and high O<sub>2</sub> MAP on quality of cucumber fruit. *Acta horticulturae* 682: 1559-1564.
- Srinivasa, P. C., Prashanth, K. V. H., Susheelamma, N. S., Ravi, R. & Tharanathan, R. N. 2006. Storage studies of tomato and bell pepper using eco-friendly films. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1216-1224.
- Stan, S. D. & Daeschel, M. A. 2003. Reduction of *Salmonella enterica* on alfalfa seeds with acidic electrolyzed oxidizing water and enhanced uptake of acidic electrolyzed oxidizing water into seeds by gas. *Journal of Food Protection* 66: 2017-2022.
- Stewart, D. S., Reineke, K. F., Ulaszek, J. M. & Tortorello, M. L. 2001. Growth of *Salmonella* during sprouting of alfalfa seeds associated with salmonellosis outbreaks. *Journal of Food Protection* 64: 618-622.
- Stevens, M. A., Kader, A. A. & Albright, M. 1979. Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 40-42.
- Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., El Ghaouth, A., Chalutz, E. & Droby, S. 1996. Low-dose UV-C light as a new approach to control decay of harvested commodities. *Recent Research Development and Pathology* 1: 155-169.
- Stevens, C., Liu, J., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Igwegbe, E. C. K., Kabwe, M. K., Chalutz, E. & Droby, S. 1998. Application of hormetic UV-C for delayed ripening and reduction of *Rhizopus* soft rot in tomatoes: The effect of tomatine on storage rot development. *Journal of Phytopathology* 146: 211-221.
- Stevens, C., Liu, J., Khan, V. A., Lu, J. Y., Kabwe, M. K., Wilson, C. L., Igwegbe, E. C. K., Chalutz, E. & Droby, S. 2004. The effect of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes. *Crop Protection* 23: 551-554.
- Suojala, T. 1999. Effect of harvest time on the storage performance of carrot. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74: 484-492.
- Suojala, T. 2000. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae* 85: 1-19.
- Suojala, T. & Pessala, R. 1996. Kasvu- ja sadonkorjuuolujen vaikutus avomaanvihanesten varastokestävyyteen. *Kirjallisuuskatsaus*. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 34 s.

- Suojala, T. & Pessala, R. 1998. Viljelytoimien vaikutus varastoitavan porkkanan, sipulin ja keräkaalin satoon ja laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, Sarja A, 34. Jokioinen/Piikkiö. 128 s.
- Suojala, T. & Tupasela, T. 1999. Sensory quality of carrots: Effect of harvest and storage time. *Acta Agri-culturæ Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 49: 143-151.
- Surowsky, B., Fischer, A., Schlueter, O. & Knorr, D. 2013. Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 19: 146–152.
- Suslow, T. V., Wu, J. C., Fett, W. F. & Harris, L. J. 2002. Detection and elimination of *Salmonella* Mbandaka from naturally contaminated alfalfa seed by treatment with heat or calcium hypochlorite. *Journal of Food Protection* 65: 452-458.
- Talcott, S. T., Howard, L. R. & Brenes, C. H. 2001. Factors contributing to taste and quality of commercially processed strained carrots. *Food Research International* 34: 31-38.
- Tassou, C. C. & Boziaris, J. S. 2002. Survival of *Salmonella enteritidis* and changes in pH and organic acids in grated carrots inoculated or not with *Lactobacillus* sp and stored under different atmospheres at 4 °C. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1122-1127.
- Toivonen, P. M. A. & Brummell, D. A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14
- Tornuk, F., Ozturk, I., Sagdic, O. & Yetim, H. 2011. Determination and improvement of microbial safety of wheat sprouts with chemical sanitizers. *Foodborne Pathogens and Disease* 8: 503-508.
- Torriani, S. & Massa, S. 1994. Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 27: 487-490.
- Trinetta, V., Vaidya, N., Linton, R. & Morgan, M. 2011. Evaluation chlorine dioxide gas residues on selected food produce. *Journal of Food Science* 76: 11-15.
- Tsouvaltzis, P., Gerasopoulos, D. & Siomos, A. S. 2006a. Effect of storage temperature and size of stalks on quality of minimally processed leeks. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 372-379.
- Tsouvaltzis, P., Gerasopoulos, D. & Siomos, A. S. 2007. Effects of base removal and heat treatment on visual and nutritional quality of minimally processed leeks. *Postharvest Biology and Technology* 43: 158-164.
- Tsouvaltzis, P., Brecht, J. K., Siomos, A. S. & Gerasopoulos, D. 2008. Responses of minimally processed leeks to reduced O<sub>2</sub> and elevated CO<sub>2</sub> applied before processing and during storage. *Postharvest Biology and Technology* 49: 287-293.
- Tsouvaltzis, P., Siomos, A. S. & Gerasopoulos, D. 2006b. Effect of hot water treatment on leaf extension growth, fresh weight loss and color of stored minimally processed leeks. *Postharvest Biology and Technology* 39: 56-60.
- Tsouvaltzis, P., Siomos, A. S., Gerasopoulos, D. & Bosabalidis, A. M. 2010. Extension, anatomy and metabolic activity of leaves in minimally processed leek stalks. *Postharvest Biology and Technology* 57: 149-154.
- Tuncay, Ö. & Kuşaksiz, E. 2003. Quality changes in fresh-cut leeks. *Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi* 40, 3: 41-48.
- Ukuku, D. O. 2006. Effect of sanitizing treatments on removal of bacteria from cantaloupe surface, and re-contamination with *Salmonella*. *Food Microbiology* 23: 289–293.
- U.S. Food and Drug Administration 1999a. Federal Register Notice of Availability, 64 FR 57893, Guidance for Industry: Reducing Microbial Food Safety Hazards for Sprouted Seeds and Guidance for Industry: Sampling and Microbial Testing of Spent Irrigation Water During Sprout Production: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/ProduceandPlanProducts/ucm120244.htm>; Julkaistu 27.10.1999, viitattu 11.7.2012.
- U.S. Food and Drug Administration 1999b. Guidance for Industry: Sampling And Microbial Testing Of Spent Irrigation Water During Sprout Production. <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDoc>

- uments/ProduceandPlanProducts/ucm120246.htm; Julkaistu 27.10.1999, viitattu 11.7.2012.
- Uyttendaele, M., Neyts, K., Vanderswalmen, H., Notebaert, E. & Debevere, J. 2004. Control of *Aeromonas* on minimally processed vegetables by decontamination with lactic acid, chlorinated water, or thyme essential oil solution. *International Journal of Food Microbiology* 90: 263-271.
- Vandekinderen, I., Devlieghere, F., De Meulenaer, B., Veramme, K., Ragaert, P. & Van Camp, J. 2008a. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 49: 277-282.
- Vandekinderen, I., Devlieghere, F., Van Camp, J., Denon, Q., Alarcon, S. S., Ragaert, P. & De Meulenaer, B. 2009a. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C. *Postharvest Biology and Technology* 54: 141-152.
- Vandekinderen, I., Devlieghere, F., De Meulenaer, B., Ragaert, P. & Van Camp, J. 2009b. Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce. *Food Microbiology* 26: 882-888.
- Vandekinderen, I., Van Camp, J., Devlieghere, F., Ragaert, P., Veramme, K., Bernaert, N., Denon, Q. & De Meulenaer, B. 2009c. Evaluation of the use of decontamination agents during fresh-cut leek processing and quantification of their effect on its total quality by means of a multidisciplinary approach. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10: 363-373.
- Vandekinderen, I., Van Camp, J., Devlieghere, F., Veramme, K., Denon, Q., Ragaert, P. & De Meulenaer, B. 2008b. Effect of decontamination agents on the microbial population, sensorial quality, and nutrient content of grated carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 5723-5731.
- Varvikko, P. 2006. Kasvihuonekurkun ja -tomaatin tarjontaketjut Suomessa. MTT:n selvityksiä 109. Helsinki: MTT. 56 s.
- Velázquez, L. C., Barbini, N. B., Escudero, M. E., Estrada, C. L., de Guzmán, A. M. S., 2009. Evaluation of chlorine, benzalkonium chloride and lactic acid as sanitizers for reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Yersinia enterocolitica* on fresh vegetables. *Food Control* 20: 262-268.
- Venkitanarayanan, K. S., Ezeike, G. O., Hung, Y. C. & Doyle, M. P. 1999. Efficacy of electrolyzing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology* 65:4276-4279.
- Vitti, M. C. D., Yamamoto, L. K., Sasaki, F. F., del Aguila, J. S., Kluge, R. A. & Jacomino, A. P. 2005. Quality of minimally processed beet roots stored in different temperatures. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 503-510
- Voipio, I. 2001. Vihannekset – lajit, viljely ja sato. Puutarhaliiton julkaisuja 316, opas nro 46. Forssa. 351 s.
- Von Weissenberg, M. & Harju, P. 1987. Porkkanan varastointi. Teoksessa: Puotiainen, E., Markkula, M., Sallasmaa, S., Siitonen, M. & Komulainen, M. (toim.): Porkkanan tuotanto. Tieto tuottamaan 46, maatalouden tutkimuskeskus, Maatalouskeskusten Liitto, Maatalouskeskusten Liiton julkaisuja no 751. Helsinki. s. 76-77.
- Vuorinen, M. & Takala, M. 1987. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 10/87. Jokioinen: MTT. 30 s.
- Wade, W. N., Scouten, A. J., McWatters, K. H., Wick, R. L., Demirci, A., Fett, W. F. & Beuchat, L. R. 2003. Efficacy of ozone in killing *Listeria monocytogenes* on alfalfa seeds and sprouts and effects on sensory quality of sprouts. *Journal of Food Protection* 66: 44-51.
- Wang, C.Y. 2000. Changes in oxygen radical absorbance capacity during storage of heat-treated fresh-cut broccoli, kale and peppers. Teoksessa: Florkowski, W.J., Prussia, S. E. & Shewfelt, R. L. (toim.). Integrated view of fruit & vegetable quality. (International multidisciplinary conference, May 1-3 2000, University of Georgia, USA). s. 165-175.
- Wang, S. L. 1994. Value-added product may create new markets for the rutabaga. *Grower* 44: 31. (ref. Zhu ym. 2001)

- Wang, C. Y. & Qi, L. 1997. Modified atmosphere packing alleviate chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biology Technology* 10: 195–200.
- Warriner, K., Ibrahim, F., Dickinson, M., Wright, C. & Waites, W. M. 2005. Seed decontamination as an intervention step for eliminating *Escherichia coli* on salad vegetables and herbs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2307–2313.
- Watada, A. E., Abe, K. & Yamuchi, N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44: 116–122.
- Wei, H., Brandt, M. J., Wolf, G. & Hammes, W. P. 2005. Optimization of acidified warm water treatment to improve the microbiological status and sensory quality of iceberg lettuce. *European Food Research and Technology* 220: 168–175.
- Wei, K. J., Zhou, H. D., Zhou, T. & Gong, J. H. 2007. Comparison of aqueous ozone and chlorine as sanitizers in the food processing industry: Impact on fresh agricultural produce quality. *Ozone Science and Engineering* 29: 113–120.
- Weiss, A. & Hammes, W. P. 2003. Thermal seed treatment to improve the food safety status of sprouts. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 77: 152–155.
- Weiss, A. & Hammes, W. P. 2005. Efficacy of heat treatment in the reduction of salmonellae and *Escherichia coli* O157:H<sup>-</sup> on alfalfa, mung bean and radish seeds used for sprout production. *European Food Research and Technology* 221: 187–191.
- Weissinger, W. R., Chantarapanont, W., & Beuchat, L. R. 2000. Survival and growth of *Salmonella bairdii* in shredded lettuce and diced tomatoes, and effectiveness of chlorinated water as a sanitizer. *International Journal of Food Microbiology* 62: 123–131.
- Whitaker, J. R. 1976. Development of flavor, odor and pungency in onion and garlic. *Advances in Food Research* 22: 73–133.
- Willging, C., Seisenberger, M. & Weichmann, J. 2000. Refrigeration systems and post-harvest performance of vegetables - Conclusions for a research system to study the effect of fluctuating climatic conditions on stored plant organs. Teoksessa: Herregods, M. (toim.). *Proceedings of the XXV International Horticultural Congress*, PT 7. *Acta Horticulturae* 517: 315–321.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. 1988. *Postharvest. An introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. Adelaide: South Australia. Hyde Park Press. 262 s.
- Wilson, C. L., El-Ghaouth, A., Chalutz, E., Droby, S., Stevens, C., Lu, J. Y., Khan, V. A. & Arul, J., 1994. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease* 78: 837–884.
- Wuytack, E. Y., Diels, A. M. J., Meersseman, K. & Michiels, C. W. 2003. Decontamination of seeds for seed sprout production by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection* 66: 918–923.
- Zagory, D. 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology* 15: 313–321.
- Zanoni, B., Lavelli, V., Ambrosoli, R., Garavaglia, L., Minati, J. & Pagliarini, E. 2007. A model to predict shelf-life in air and darkness of cut, ready-to-use, fresh carrots under both isothermal and non-isothermal conditions. *Journal of Food Engineering* 79: 586–591.
- Zeng, W. T., Vorst, K., Brown, W., Marks, B. P., Jeong, S., Perez-Rodriguez, F. & Ryser, E. T. 2014. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in packaged fresh-cut romaine mix at fluctuating temperatures during commercial transport, retail storage, and display. *Journal of Food Protection* 77: 197–206.
- Zhang, Q. J., Tan, S. C., McKay, A. & Yan, G. J. 2005. Carrot browning on simulated market shelf and during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 16–20.
- Zhang, C. L., Lu, Z. H., Li, Y. Y., Shang, Y. C., Zhang, G. & Cao, W. 2011. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. *Food Control* 22: 792–796.
- Zhong, M., Wu, B., Wang, J. D., Wu, J. M., & Wei, L. H. 2006. Effect of chlorine dioxide on ripening of “Xiaobai” apricots. *European Food Research and Technology* 223: 791–795.

- Zhu, M., Chu, C. L., Wang, S. L. & Lencki, R. W. 2001. Influence of oxygen, carbon dioxide, and degree of cutting on the respiration rate of rutabaga. *Journal of Food Science* 66: 30-37.
- Zhuang, R. Y. & Beuchat, L. R. 1996. Effectiveness of trisodium phosphate for killing *Salmonella montevideo* on tomatoes. *Letters in Applied Microbiology* 22: 97–100.
- Yam, K. L., Takhistov, P. T. & Miltz, J. 2005. Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science* 70: 1–10.
- Yang, H., Swem, B. L. & Li, Y. 2003. The effect of pH on inactivation of pathogenic bacteria on fresh-cut lettuce by dipping treatment with electrolyzed water. *Journal of Food Science* 68: 1013-1017.
- Yaun, B. R., Sumner, S. S., Eifert, J. D. & Marcy, J. E. 2004. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology* 90: 1-8.
- Yuk, H-G., Yoo, M.-Y., Yoon, J.-W., Moon, K.-D., Marshall, D. L. & Oh, D.-H. 2006. Effect of combined ozone and organic acid treatment for control of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on lettuce. *Journal of Food Science* 71: 83-87.
- Ölmez, H. & Kretzschmar, U. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT-Food Science and Technology* 42: 686–693.
- Österman, P. 2001. Valokurkun tuotantokustannus ja kannattavuus. MTT:n selvityksiä 21. Helsinki: MTT Taloustutkimus. s. 49.



# LIITE 1. KOONTITÄULUKOITA TUOREKASVISTEN TUTKIMUKSISTA

**Taulukko 1** Laboratoriotutkimuksia ilman suojakaasua pakattujen porkkanoiden varastoinnista eri olosuhteissa

Tutkittu porkkana-materiaali	Pakkaus	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaviipaleet	Hapen imukykyä (5 %, 10 % ja 15 %) lisäävät lisäaineet LD-polyeteenikalvossa	4 °C ja 28 °C	10 % ja 15 % lisäainemäärät tuottivat pahaan laadun (massa, karotenoidit, mesofiiliset aerobiset bakteerit, enterobakteerit, sulfiitteja pelkistävät klostridit, hiivat ja homeet, aistinvarainen laatu, rakenne) ja 6 vrk hyllyikä (4 °C). Lisäaine ei vaikuttanut hapen, hiilidioksidin tai typen läpäisevyyteen. Kalvojen läpäisevyys oli lisäaineesta riippumatta suurempi 28 °C:ssa kuin 4 °C:ssa.	Pospisil ym. (2001)
Porkkanaraaste	PE-PVC-monikerroskalvo. 1) Ilma, 2) vakuumi	2 °C, 10 vrk	Vakuumi vähensi mikrobimääriä (kokonaismikrobit, hiivat ja homeet, maitohappobakteerit) ja fysiko-kemiallisia muutoksia (väri, kiintoaine, pH, titrattava happamuus, karotenoidit, aistinvarainen laatu). Hyllyikä vakuimissa piteni 8 vrk:aan, ilmassa se oli noin 1 vrk.	Rocha ym. (2007)
Babyporkkanat	1) PVC-kalvo, 2) ei muovikalvoa	5 °C, 90 % RH	Muovikalvo hidasti porkkanan laadun heikkenemistä. Tekstissä tarkastellaan yksityiskohtaisesti kuivumisesta ja solurakenteiden muutoksista johtuvan valkoisuuden muodostumista porkkanassa.	Simoes ym. (2010)
Pestyt porkkanat	1) PVC-kalvo, 2) porkkanaa pakkauksessa; 2) ei muovikalvoa, useita porkkanoita	Huonelämpötila, 20 vrk	Muovikalvo esti porkkanoiden kuivumista, mutta lisäsi itämistä ja pikkujuurten kasvua. Isompi porkkanamäärä säilyi 14 vrk ja kaksittain pakatut 8 vrk. Lajikkeiden välillä oli selviä eroja.	Gioppo ym. (2011)

**Taulukko 2** Laboratoriotutkimuksia suojakaasuun pakattujen porkkanoiden varastoinnista eri olosuhteissa

Tutkittu porkkanamateriaali	Kaasukoostumus	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaviipaleet, -suikaleet ja -raaste	1) Ilma 2) 0,5 % O <sub>2</sub> ja 10 % CO <sub>2</sub>	0 °C, 5 °C ja 10 °C	Kaikkien tuotteiden hengitys väheni suojakaasussa, raasteessa vähiten. Suojakaasu edisti tuoreena pysymistä sekä kosteuden, pH:n ja värin säilymistä. Porkkanasuikaleiden kokonaismikrobimäärä oli 0 °C:ssa ja 5 °C:ssa 0,4-0,8 log <sub>10</sub> pmy/g -yksikköä pienempi kuin ilmassa. Suojakaasu ei ollut raasteen mikrobiologisen laadun kannalta parempi kuin ilma.	Izumi ym. (1996)
Porkkanaraaste	1) Ilma 2) 2,1 % O <sub>2</sub> , 4 % CO <sub>2</sub> ja 93 % N <sub>2</sub> 3) 5 % CO <sub>2</sub> ja 95 % N <sub>2</sub>	4 °C ja 10 °C	Alussa kokonaismikrobien määrä oli 4,88 log <sub>10</sub> pmy/g, pseudomonasten 4,71 log <sub>10</sub> , hiivojen 3,15 log <sub>10</sub> ja maitohappobakteerien 3,52 log <sub>10</sub> pmy/g. Varastoitujen raasteiden kokonaismikrobimäärien maksimi oli 8,76-9,83 log <sub>10</sub> (17 vrk), 10 °C:ssa 8,62-9,08 log <sub>10</sub> pmy/g (6 vrk). Typpipitoinen kaasu 3 hidasti raasteen pilaantumista.	Kakiomenou ym. (1996)
Kaupallinen porkkana-kaaliraaste	Luontaisesti syntyvä suojakaasu: 8 vrk kuluttua < 1 % O <sub>2</sub> ja > 25 % CO <sub>2</sub>	7 °C, 8 vrk	Kokonaismikrobimäärä kasvoi alun 10 <sup>6</sup> pmy/g:sta lopun 10 <sup>8</sup> pmy/g:aan. Hiivoja oli koko ajan 10 <sup>6-7</sup> pmy/g. Pseudomonaksia oli alussa 10 <sup>5-7</sup> pmy/g; osassa näytteitä määrä myöhemmin pieneni ja osassa kasvoi. Maitohappobakteereja oli alussa 10 <sup>4-7</sup> pmy/g; määrä kasvoi 8 vrk:ssa 1-4 log-sykliä. <i>S. typhimuriumia</i> ei todettu 2 vrk jälkeen. Raasteeseen lisätyn <i>B. cereuksen</i> määrä pieneni alle detektiorajan 6 vrk kuluessa, <i>Clostridium perfringensin</i> määrä pieneni seuraavaksi eniten, <i>S. aureuksen</i> ja <i>L. innocuan</i> vähiten.	Finn ja Upton (1997)
Porkkanaraaste	2,1 % O <sub>2</sub> , 4,9 % CO <sub>2</sub> ja 93 % N <sub>2</sub>	4 °C, 14 vrk	Kokonaisbakteeri- ja maitohappobakteerimäärät kasvoivat melko tasaisesti (yht. noin 3-5 log <sub>10</sub> pmy/g) sekä ilmassa että suojakaasussa 14 vrk ajan, <i>S. enteritidis</i> ja <i>L. monocytogeneen</i> määrä pieneni hieman (1-2 log <sub>10</sub> pmy/g). Typpipitoinen suojakaasu ei estänyt mikrobikasvua.	Kakiomenou ym. (1998)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Tutkittu porkkanamateriaali	Kaasukoostumus	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkananpalat	1) 5-20 % O <sub>2</sub> ja 10 % CO <sub>2</sub> , 2) 15 % O <sub>2</sub> ja 5-20 % CO <sub>2</sub> , 3) 5 % O <sub>2</sub> ja 10 % CO <sub>2</sub> , 4) 21 % O <sub>2</sub> ja 10 % CO <sub>2</sub> (1-2: pakkausmateriaali A, 3-4: pakkausmateriaali B)	5 °C, 10 vrk	Vain suojakaasulla 3 (vähän happea) ja läpäisevällä pakkauskalvolla pystyttiin stabiloimaan hapen pitoisuus pakkauksessa. Leikattu porkkana tarvitsee happea, jotta anaerobista metaboliaa ei tapahdu. Vastaavaa riippuvuutta hiilidioksidista ei havaittu. Hapen loppumisen välttämiseksi vain muutaman päivän varastointi on suositeltavaa porkkananpaloille.	Sode ja Kuhn (1998)
Porkkanasuikaleet	1-5 % O <sub>2</sub> , 3-10 % CO <sub>2</sub> ja tasapaino N <sub>2</sub>	7 °C	Tasapainosuojakaasusäilytys pidensi hyllyikää ilmasäilytyksen 5 vrk:sta 8 vrk:een, mikä arvioitiin vaalenemisen perusteella. Artikkelissa raportoidaan suojakaasupakkausmallin validointia.	Jacxsens ym. (1999)
Porkkanaviipaleet	1) 50 % O <sub>2</sub> ja 30 % CO <sub>2</sub> , 2) 1 % O <sub>2</sub> ja 10 % CO <sub>2</sub>	8 °C	Sitruunahapolla käsitellyn ja pinnoitetun porkkanan hyllyikä ilmassa oli 8 vrk, josta hyllyikä piteni 2-3 vrk suojakaasussa 1 (mikrobiologinen, kemiallinen, aistinvarainen ja ravitsemuksellinen laatu). Esikäsittely 0,1 % sitruunahapolla ja syötävällä Na-alginaattipinnoitteella pidensi suojakaasusäilytetyn porkkanan hyllyikää 5-7 vrk. Kaasu 1 oli yhtä hyvä tai parempi kuin kaasu 2. Yli 70 % O <sub>2</sub> -pitoisuus ja 10-30 % CO <sub>2</sub> -pitoisuus yhdessä tuottivat huonoa laatua.	Amanatidou ym. (2000)
Porkkanasuikaleet ja kokonaiset porkkanat	1) Ilma 2) 1,5-2,5 % O <sub>2</sub> , 50-200 ppm CO <sub>2</sub> ja tasapaino N <sub>2</sub> 3) 0,5 % O <sub>2</sub> , 50-200 ppm CO <sub>2</sub> ja tasapaino N <sub>2</sub>	2 °C	Suikaleilla oli suurempi hengitys kuin kokonaisilla porkkanoilla. Porkkanasuikaleiden hengitys oli suurin ilmassa ja pienin suojakaasussa 3.	Chu ja Wang (2001)
Porkkanaraaste	3 % O <sub>2</sub> , 5-10 % CO <sub>2</sub> ja tasapaino N <sub>2</sub>	7 °C ja 12 °C	Pilaantumista hallitsivat maitohappobakteerit, mutta myös raasteeseen lisättyä <i>Shigella</i> a todettiin koko varastoinnin ajan. Hyllyikä oli 7 vrk.	Bagamboula ym. (2002)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Tutkittu porkkana-materiaali	Kaasukoostumus	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaraaste	1) ilma, 2) 2,1 % O <sub>2</sub> , 4,9 % CO <sub>2</sub> ja 93 % N <sub>2</sub> 3) vakuumi	4 °C	<i>S. enteritidis</i> säilyi raasteessa 4 °C:ssa kaikissa olosuhteissa, mutta määrä ei kasvanut merkittävästi. Raasteeseen lisätty <i>Lactobacillus</i> sp lisääntyi kaikissa olosuhteissa riippumatta salmonellan läsnäolosta ja laski raasteen pH:ta. Suojakaasu tai maitohappobakteerit eivät vaikuttaeet olennaisesti <i>Salmonellan</i> selviytymiseen.	Tassou ja Boziaris (2002)
Porkkanaraaste	1) 230 ml N <sub>2</sub> laimentamaan O <sub>2</sub> polyeteenipakkauksessa (25 cm x 30 cm) 2) rei'itetty pakkaus	5 °C ja 25 °C	Pakkauksessa 1 olevan raasteen väri oli parempi kuin pakkauksessa 2 olevan.	Boonyakiat ja Phatchaiyo (2003)
Kaali- ja porkkana-raaste-sekoitus	Polypropeenipakkaus 1) ilman reikiä 2) rei'itettynä. Luonnollisesti syntyvä suojakaasu (4 °C) 1) <1 % O <sub>2</sub> ja 25-35 % CO <sub>2</sub> 2) 11-14 % O <sub>2</sub> ja 9-12 % CO <sub>2</sub>	4 °C ja 8 °C, 9 vrk	Olosuhde 1 pilasi raasteen laadun, joten olosuhde 2 oli parempi, joskaan ei ihanteellinen. Lämpötilan nousu lyhensi hyllykää kaikissa pakkauksissa. Mikrobiologisia mittauksia ei tehty.	Cliffe-Byrnes ym. (2003)
Porkkanaviipaleet	1-90 % O <sub>2</sub> ja 1-30 % CO <sub>2</sub>	4 °C, 6 °C, 8 °C ja 10 °C, 6 kk	Hallitseva bakteeri (maitohappo- tai enterobakteerit tai <i>Pseudomonas</i> ) vaihteli riippuen lämpötilasta ja kaasusta. Alhainen lämpötila sekä korkea O <sub>2</sub> - ja CO <sub>2</sub> -määrä johtivat pseudomonasten ja maitohappobakteerien tasaiseen kasvuun. Ko. olosuhteella voitiin kontrolloida porkkanoiden mikrobikasvua ja pilaantumista.	Esvelde-Amanatidou ym. (2003)
Oranssit ja liilat porkkanasuikaleet	Polyeteeni. 1) Ilma 2) 5 % O <sub>2</sub> , 5 % CO <sub>2</sub> ja 90 % N <sub>2</sub> 3) 95 % O <sub>2</sub> + 5 % C <sub>2</sub>	5 ± 2 °C, 13 vrk	Kaasu 2 paransi liilojen porkkanoiden aistinvaraista laatua ja pidensi hyllykää 2-3 vrk:lla 10 vrk:een. Suojakaasu ei pidentänyt oranssin porkkanan hyllykää. Liiloja porkkanoita suositeltiin terveydellisten ominaisuuksien (oksidanttiaktiivisuus, karotenoidit ja fenolit) vuoksi.	Alasalvar ym. (2005)
Kasvissekoitus, jossa 19 % porkkanaa	1) Ilma 2) ilma ja 20 % CO <sub>2</sub> 3) 3 % O <sub>2</sub> tyypessä 4) 3 % O <sub>2</sub> ja 20 % CO <sub>2</sub> tyypessä	5 °C, 90 % RH, 10 vrk	Kurpitsan ja kesäkurpitsan aistinvaraiset muutokset rajoittivat salaatin hyllykää. Olosuhteella 4 saatiin 10 vrk hyllykää; myös porkkanalle nämä olosuhteet olivat parhaat. Olosuhteet 1 ja 3 olivat huonoimmat.	Amodio ym. (2006)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Tutkittu porkkana-materiaali	Kaasukoostumus	Varastointi	Päätulos	Viite
Raaste, jossa 20 % porkkanaa ja 80 % kaalia. Kaupalliset näytteet supermarketeista.	0,6-1,0 % O <sub>2</sub> ja 16 % CO <sub>2</sub>	Kaupan olosuhteet, joiden jälkeen 1 vrk 4 °C:ssa	Sekasalaateista 20 % oli positiivisia <i>Listeria</i> spp:lle ja <i>L. monocytogeneelle</i> , joita suojakaasuunkin pakatut raasteet siis voivat sisältää.	Francis ja O'Beirne (2006)
Porkkanakiekot	Luonnollinen suojakaasu, olosuhteet vaihtelivat prosessoinnin ja varastointilämpötilan mukaan	4 °C tai 6 °C, 6 vrk	Voimakkaammin prosessoitujen viipaleiden (koneellinen leikkuu, hankauskuorinta) ulkonäkö muuttui huonommaksi ja hyllyikä oli lyhyempi kuin käsin viipaloitujen. Ei mikrobiologisia mittauksia.	Cliffe-Byrnes ym. (2007)
Porkkanaviipaleet	1) Ilma 2) 80 % O <sub>2</sub> , 10 % CO <sub>2</sub> ja 10 % N <sub>2</sub> 3) 5 % O <sub>2</sub> , 10 % CO <sub>2</sub> ja 85 % N <sub>2</sub>	4 °C, 21 vrk	Varastointijakson aikana hiivojen ja homeiden määrä ei kasvanut, mutta mesofiilisten aerobisten mikrobien määrä kasvoi kaikissa tutkimusolosuhteissa: määrät olivat nolлахetkellä 3,78-3,90 log pmy/g, 21 vrk kuluttua 7,48-8,25 log pmy/g. Porkkanoiden väri säilyi hyvin 21 vrk tutkimusjakson ajan, mutta porkkanat pehmenivät selvästi kaikissa olosuhteissa 14 vrk kuluessa. Hyllyikä oli 7 vrk ilmassa ja kaasussa 2, mutta vain 2 vrk kaasussa 3.	Ayhan ym. (2008)
Babyporkkanat	1) Ilma 2) 2 kPa O <sub>2</sub> ja 15 kPa CO <sub>2</sub> 3) 5 kPa O <sub>2</sub> ja 5 kPa CO <sub>2</sub> 4) 10 kPa O <sub>2</sub> ja 10 kPa CO <sub>2</sub>	4 °C	Hengitys oli alhaisin, karotenoidi- ja C-vitamiinimäärät korkeimmat alhaisissa happipitoisuuksissa. Fenolisten yhdisteiden määrä kasvoi kaasussa 3. Suojakaasu säilytti visuaalisen laadun 8 vrk. Olosuhde 3 oli kokonaisuutena suositeltavin.	Simoes ym. (2011)

**Taulukko 3** Laboratoriotutkimuksia orgaanisten happojen vaikutuksesta porkkanan laatuun

Tutkittu porkkanamateriaali	Happo	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaraaste	Sitruunahappo 0-300 mM	15 °C, 7 vrk	Sitruunahappo vähensi porkkanan hengitystä ja voi siten pidentää hyllyikää.	Kato-Noguchi ja Watada (1997a)
Leikattu porkkana	Peretikkahappo 500 ppm (500 mg/l) (muut vetyperoksidi, kloori, korkea paine, vesihöyry ja kuuma ilma)	2-5 °C	Kokonaismesofiilien ja -koliformien vähenemä oli 2 log. Kloori oli hieman tehokkaampi porkkanalla kuin peretikkahappo, joka aiheutti suurimmat askorbiinihapon tappiot. Peretikkahappo oli tutkituista aineista tehokkain pesuveden desinfiointissa.	Opatova ym. (2003)
Porkkanaraaste	Maitohappo 1 % ja 2 %	4 °C ja 7 °C	Käsittely vähensi psykrotrofien ja <i>Aeromonas hydrophila</i> määriä raasteissa. Vaikutus säilyi varastoinnissa. Vaikutus makuun oli tyydyttävä. Maitohappo oli tehokkaampi <i>Aeromonaksen</i> hallinnassa kuin prosessiveden klooraus tai timjamin eteerisen öljyn käyttö	Uyttendaele ym. (2004)
Porkkanaraaste	Peretikkahappo 40 ppm	5 °C, 10 vrk	Salmonellaa oli raasteessa aluksi 5,84 log pmy/g. Vesi vähensi bakteerimäärää alle 0,5 log pmy/g. Peretikkahappo tehosi tutkituista mikrobeista (muut EHEC, <i>L. monocytogenes</i> ) parhaiten <i>Salmonella</i> an; vähenemä käsittelyn jälkeen oli 2,1 log pmy/g. Varastoinnin jälkeen kloorilla ja peretikkahapolla käsiteltyjen raasteiden <i>Salmonella</i> -määrä oli sama kuin vedellä käsiteltyjen.	Ruiz-Cruz ym. (2007a)
Porkkanaraaste	Peretikkahappo 40 ppm	5 °C, 21 vrk	Tutkittiin vaikutuksia ravitsemukselliseen laatuun. Peretikkahapolla käsitellyn raasteen sokerimäärä väheni 21 vrk:ssa 20-25 %, mitä ei pidetty hyvänä.	Ruiz-Cruz ym. (2007b)
Porkkanaraaste	Peretikkahappo 80 mg/l ja 250 mg/l	7 °C, 48 h	Käsittelyt vähensivät merkittävästi porkkanan hengitystä, joka kuitenkin palautui osittain varastointijakson aikana. Hengitys on otettava huomioon pakkaamisessa.	Vandekinderen ym. (2008a)
Porkkanaraaste	Peretikkahappo 250 ppm	-	Alfatokoferolipitoisuus väheni merkittävästi. Käsittelyä pidettiin kuitenkin vaihtoehtona natriumhypokloriitille.	Vandekinderen ym. (2008b)
Porkkanaraaste	Peretikkahappo 80 mg/l ja 250 mg/l	7 °C	Vedellä käsitellyn raasteen hyllyikä oli 4 vrk, rajoittavana tekijänä hiivat (maun perusteella 5 vrk). 80 mg/l peretikkahapolla käsitellyn raasteen hyllyikä oli 5 vrk, rajoittavina tekijöinä kokonaismikrobit ja hiivat (maun perusteella 7 vrk). Mikrobit eivät rajoittaneet 250 mg/l peretikkahapolla käsitellyn raasteen hyllyikää, mutta aistinvarainen laatu kärsi.	Vandekinderen ym. (2009)

**Taulukko 3** (jatkoa)

<b>Tutkittu porkkanamateriaali</b>	<b>Happo</b>	<b>Varastointi</b>	<b>Päätulos</b>	<b>Viite</b>
Porkkanaraaste	Sitruunahappo (1 %) tai sitruunahapon ja emäksisen EO-veden yhdistelmä	15 °C, 48 h	Yhdistelmäkäsittely 50 °C:ssa vähensi kokonaisbakteerien, homeiden ja hiivojen määrää noin 3,7 log/pmy, <i>L. monocytogenes</i> ä 3,97 log pmy/g ja EHECiä 4 log pmy/g. Myös aistinvarainen laatu säilyi tällä käsittelyllä parhaiten. Käsittelyt yksin tuottivat n. 0,5-1 log pienemmät vähenemät kuin yhdistelmäkäsittely.	Rahman ym. (2011)

**Taulukko 4** Laboratoriotutkimuksia otsonoidulla vedellä tai ilmalla käsiteltyjen porkkanoiden varastoinnista eri olosuhteissa

Tutkittu porkkanamateriaali	Otsonin pitoisuus ja käsittelyaika	Varastointi	Päätulos	Viite
Pestyt porkkanat	<u>Vedessä</u> 0 µg/l, 7,5 µg/l, 15 µg/l, 30 µg/l, 60 µg/l; 28 vrk, 8 h/vrk	2 °C, 8 °C tai 16 °C	Otsonilla (60 µg/l) oli fungistaattinen vaikutus <i>Botrytis cinerea</i> an ja <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> iin, joiden kasvu väheni 50 %. Myös värin ja fysiologian huomioon ottaen paras käsittely oli 15 µg/l, 8 h/vrk, 2 °C.	Liew ja Prange (1994)
Pestyt porkkanat	Ensin osalle näytteistä metyyliisylklopropeenikäsittely, sitten <u>ilmassa</u> otsonointi 0 n/l, 300 n/l tai 1000 n/l; 10 °C, 0-4 vrk	0 °C, 24 vkoa	300 n/l käsittely vähensi homeita porkkanoiden kruunuissa. 1000 n/l käsittely aiheutti solukkovaurioita ja heikensi väriä.	Song ym. (2003)
Pestyt, kuoritut, listityt ja raastetut porkkanat	<u>Vedessä</u> 30 g otsonia/h	4 °C, 7 vrk	Raasteen pesu vedellä vähensi sokeripitoisuutta ja heikensi aistinvaraista laatua. Kokonaisten porkkanoiden esipesu kloorilla (200 mg/l) paransi laatua. Otsonilla ei saavutettu vastaavaa bakteerien (kokonaismikrobit, pseudomonakset, maitohappobakteerit, enterobakteerit) vähenemistä kuin kloorilla. Otsonia pidettiin kuitenkin mahdollisena vaihtoehtona kloorille.	Klaiber ym. (2004)
Porkkanaraaste	<u>Vedessä</u> 1,3 mg/l otsonia	4 °C, 9 vrk	Toisin kuin kloorattu vesi, otsonoitu vesi ei hidastanut fenyylialaniini-ammoniakki-lyyaasin alkamista, joka voi esim. lisätä porkkanan makuhaittoja.	Klaiber ym. (2005a)
Pestyt porkkanat	Ensin osalle näytteistä metyyliisylklopropeenikäsittely, sitten <u>ilmassa</u> otsonointi 300 n/l tai 1000 n/l; 10 °C, 0-4 vrk	0 °C, 24 vkoa	Otsoni (1000 n/l, 2-4 vrk) vähensi <i>Botrytis cinerea</i> a, mutta lisäsi hengitystä. Metyyliisylklopropeeni heikensi otsonoinnin tehoa. Otsonointi heikensi porkkanan laatua, joten sitä ei suositeltu kaupalliseen käyttöön.	Forney ym. (2007)
Porkkanat	<u>Vedessä</u> 0,02 g/min, 4 ppm	20 °C, 10 vrk	Otsoni tuhosi tehokkaasti valkomätää aiheuttavaa <i>Pectobacterium carotovorum</i> a. Porkkanan fysiologia ei muuttunut.	Hassenberg ym. (2008)
Porkkanat	<u>Ilmassa</u> 50±10 n/l, 6 kk	0,5 °C, >95 % RH, 6 kk	Otsoni toimii <i>S. sclerotiorum</i> in ja <i>B. cinerea</i> an hallinassa, mutta aiheutti kuorimalla poistettavissa olevia värinmuutoksia.	Hildebrand ym. (2008)

- Ei sisältynyt



**TAULUKKO 4** (jatkoa)

Tutkittu porkkanamateriaali	Otsonin pitoisuus ja käsittelyaika	Varastointi	Päätulos	Viite
Kuoritut porkkanat ja porkkanaraaste	<u>Vedessä</u> 1 ppm/5 min	-	Kuoritun porkkanan ja porkkanaraasteen kokonaismikrobin sekä homeiden ja hiivojen määrät vähenivät melko vähän, $<1 \log_{10}$ pmy/g.	Alegria ym. (2009)
Porkkanasuikaleet	<u>Vedessä</u> 1:1 suhteessa porkkanan massa/veden tilavuus; 200 mg/h, 10 min	6 °C, 85 % RH, 30 vrk; suojakaasu (2 % O <sub>2</sub> , 5 % CO <sub>2</sub> , 93 % N <sub>2</sub> )	Otsoni vähensi mikrobeja (kokonaismikrobit, homeet ja hiivat, kokonaiskoliformit), joiden kasvua suojakaasu edelleen hillitsi. Yhdistelmäkasittely oli tehokkain hengityksen ja etyleeniemissioiden kannalta, vaikkakin heikensi ravitsemuksellista laatua.	Chauhan ym. (2011)
Porkkanat	<u>Ilmassa</u> 450 ppb, 20 °C	20 °C, 95-97 % RH, 12 vrk	48 h otsonikasittely vähensi selvästi <i>B. cinerea</i> ja <i>S. sclerotiorumia</i> porkkanassa. Väri ei muuttunut.	Sharpe ym. (2009)

- Ei sisältynyt

**Taulukko 5** Laboratoriotutkimuksia elektrolysoidun veden (EO) vaikutuksista porkkanan laatuun

Tutkittu porkkana-materiaali	EO-vesi	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaviipaleet	Neutraali EO-vesi, pH 6,8; 15 ppm, 30 ppm ja 50 ppm vapaata klooria	-	Pinnalla oli ennen käsittelyä kokonaismikrobeja 3,5 log <sub>10</sub> pmy/g, koko porkkanassa 4,2 log pmy/g. 20 ppm käsittelyssä mikrobit vähenivät 0,1-0,7 log enemmän kuin vedellä. Huuhtelu tai kastaminen ilmasuihkun kanssa olivat tehokkaampia kuin pelkkä kastaminen. Mitä enemmän vapaata klooria vedessä oli, sitä suurempi oli bakterisidinen vaikutus (50 ppm:llä enintään 1,1 log). Käsittelyt eivät vaikuttaneet porkkanan muuhun laatuun. Puhdas-vesihuuhtelu ei vähentänyt EO-vesikäsittelyn tehoa.	Izumi (1999)
Porkkanaraaste	Neutraali EO-vesi, 5 mg/l tai 30 mg/l vapaata klooria	7 °C, 48 h	Käsittelyt eivät vaikuttaneet porkkanan (tai salaatin) hengitykseen. Hengitys on otettava huomioon pakkaamista suunniteltaessa.	Vandekinderen ym. (2008a)
Porkkanaraaste	Neutraali EO-vesi, pH 7,50 (tai 7,87); 3 (tai 30) mg/l vapaata klooria	-	EO-vesikäsittelyt eivät olleet yhtä tehokkaat aerobisten kokonaismikrobien vähentämisessä kuin Na-hypokloriitti, peretikkahappo tai klooridioksidi. EO-veden teho vastasi suunnilleen tavallista vettä. Konsentridumpi EO-vesi heikensi jonkin verran raasteen aistinvaraista laatua.	Vandekinderen ym. (2008b)
Porkkanaviipaleet	Hieman hapan EO-vesi, pH 5,5; 23 mg/l vapaata klooria, 18 °C tai 45 °C	-	Lämmitetty käsittely vähensi kokonaismikrobien määrää 2,2 log <sub>10</sub> pmy/g, homeita ja hiivoja >1,9 log <sub>10</sub> pmy/g verrattuna pelkällä vedellä käsittelyyn. Huoneenlämpöinen EO-vesi ei ollut yhtä tehokas kuin lämmitetty, mutta tehokkaampi kuin pelkkä vesi. Muu laatu säilyi jotakuinkin muuttumattomana.	Koide ym. (2011)
Porkkanaraaste	Emäksinen EO-vesi, pH 11,3; vapaan kloorin määrää ei tutkittu Hapan EO-vesi, pH 2,54; 50 mg/l vapaata klooria	4 °C ja 25 °C, 14 vrk	EO-vedet tehosivat kokonaismikrobeihin, homeisiin ja hiivoihin lähes vastaavasti kuin Na-hypokloriitti (100 ppm), mutta selvästi enemmän kuin deionisoitu vesi. 3 ja 5 min kastoajat olivat tehokkaammat kuin 1 min. EO-veden lämpötilan nosto 1 °C:sta 50 °C:een tehosti vaikutusta. Emäksinen EO-vesi (50 °C, 30 min) vähensi EHECin ja <i>L. monocytogeneen</i> määrää porkkanassa lähes kuten kloori tai sitruunahappo. EO-vesi-sitruunahappoyhdistelmä oli tehokkain; ko. raasteen hyllyikä 4 °C:ssa oli aistinvaraisen laadun osalta 9 vrk. Mikrobiologisen laadun kriittistä hyllyikäkriteeriä (kokonaismikrobit 7-8 log pmy/g, hiivat 5 log pmy/g) ei ylitetty 15 vrk:ssa yhdistelmäkäsittelyllä raasteella, mutta 25 °C:ssa aika oli 48 h. Käsittelemättömän raasteen hyllyikä oli lyhyempi kuin käsitellyn.	Rahman ym. (2011)

**Taulukko 6** Laboratoriotutkimuksia kuumalla vedellä, höyryllä tai ilmalla tehtyjen esikäsittelyjen vaikutuksista porkkanan laatuun

Tutkittu porkkanamateriaali	Lämpökäsittely	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaviipaleet	Kasto fosfaattipuskuriliuokseen 40 °C, 15 min tai 50 °C, 30 s	1 °C ja 4 °C, 2 vkoa	Lämpökäsittely ei edistänyt metoksymelleiinin kertymistä.	Mercier ym. (1993)
Luomuporkkanat, pakattu rei'itettyyn polyeteeniin	Höyrytys 90 °C, 1,2 atm, 3 s	0,5 °C, 60 vrk ja 21 °C, 7 vrk	Höyrykäsittelyistä porkkanoista tuhoutui varastoinnin aikana 2 %, käsittelemättömistä 23 %. Kun porkkanoihin oli lisätty kolmea eri sientä, säilyvyserot olivat vieläkin suuremmat. Höyrytys ei paranna jo pilaantuneita porkkanoita.	Afek ym. (1999)
Porkkanaviipaleet	Ryöppäys sitruunahappoliuoksella 50 °C, 30 s	10 °C, 20 vrk	Ryöppäys vähensi valkoisuuden muodostumista.	Carrasco ja Cisneros-Zevallos (2002)
Kuoritut ja leikatut porkkanat	Höyrytys 55 °C ja 4 min sekä kuuma ilma 300 °C ja 40 s	2-5 °C, 5 vrk	Yhdistelmäkäsittely ei vaikuttanut mikrobimääriin (kokonaismesofiilit, hiivat ja homeet, kokonaiskoliformit), mutta rakenne ja visuaalinen laatu heikkenivät selvästi.	Opatova ym. (2003)
Porkkanaviipaleet, kokonaiset porkkanat	Kasto veteen 36-60 °C, 28-100 min	4 °C, 15 vrk	Kokonaisten porkkanoiden lievä lämpökäsittely 35 °C:ssa 60 min ajan paransi hieman porkkanan kiinteyttä.	Correia ym. (2005)
Kuoritut porkkanat	Vesipesu 4 °C tai 50 °C	4 °C	Vesipesu 50 °C:ssa pienensi aerobisten mesofiilisten bakteerien määriä 1,7-2,0 log <sub>10</sub> pmy/g. Lämmin klooripesu oli hieman tehokkaampi (vähenemä 2,3 log pmy/g) kuin kylmä klooripesu tai lämmin vesipesu.	Klaiber ym. (2005b)
Kuoritut, viipaloidut porkkanat	Kalsiumlaktaatti ja lämpöshokki 25 °C ja 50 °C	4 °C, 10 vrk	Rakenteen ja ravitsemusarvon kannalta kalsiumlaktaatti- ja lämpöshokkikäsittely oli prarempi kuin klooraus.	Rico ym. (2007b)
Kuoritut porkkanat ja porkkanaraaste	Kasto kuumaan veteen (100, 45 s), jäähdytys jääkylmässä vedessä 5 min	-	Kokonaismikrobien sekä homeiden ja hiivojen määrät vähenivät käsittelyssä 2,5-4 log <sub>10</sub> pmy/g, eli selvästi enemmän kuin kloori-, otsoni- ja ultraäänikäsittelyissä.	Alegria ym. (2009)

**TAULUKKO 6** (jatkoa)

Tutkittu porkkana-materiaali	Lämpökäsittely	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaraaste	100 °C, 45 s	5 °C, 10 vrk	Lämpökäsittely oli mikrobiologiselta kannalta tehokkaampi kuin kloorikäsittely. Hyllyikä piteni 3 vrk:lla verrattuna käsittelemättömään tuotteeseen. Kuumennus vähensi raasteen hengitystä ja peroksidaasiaktiivisuutta, mikä voi mikrobiologian lisäksi vaikuttaa hyllyiän pitenemiseen.	Alegria ym. (2010)
Porkkanaviipaleet	Kasto veteen 50-100 °C, 2-60 min	-	Korkea lämpötila nosti bioaktiivisen aineen, polyasetyleenin, määrää, jota alhainen lämpötila puolestaan laski.	Rawson ym. (2010)
Pestyt ja harjatut porkkanat	Höyrytys 120 °C, <0,4 MPa, 0-4 s	-	Lyhyt (3 s) esiviilennetyn porkkanan höyrytys säilytti värin lähes ennallaan, vähensi valkomätää ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) 60 % ja vähensi hieman itämistä.	Gan-Mor ym. (2011)
Porkkanaraaste	1-50 °C, 1-5 min	4 °C ja 25 °C, 14 vrk	Lämpötilan nousu tehosti kaikkien käsittelyjen (deionisoitu vesi, Na-hypokloriitti, hapan ja emäksinen EO-vesi) vaikutusta kokonaismikrobeihin sekä homeisiin ja hiivoihin.	Rahman ym. (2011)

- Ei sisältynyt

**Taulukko 7** Laboratoriotutkimuksia UV-valon vaikutuksista porkkanan laatuun

Tutkittu porkkana-materiaali	UV-valo ja käsitte-ly aika	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanaviipaleet	Optimiannos 2,20 x 10 <sup>5</sup> erg/cm <sup>2</sup> , 20 °C, 72 h (myös 1 °C ja 4 °C)	1 °C ja 4 °C, 2 vkoa	UV-käsitellyt porkkanat, joissa metoksymelleiini oli ehtinyt kertyä, olivat varastojak-solla vastustuskykyisempiä <i>Botrytis cinerea</i> ja <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> vastaan kuin näytteet heti UV-käsittelyn jälkeen. Metoksymelleiinillä oli varastotauteja vastustava vaikutus. UV-säteilyllä saatiin aikaan metoksymelleiiniä kerryttävä reaktio.	Mercier ym. (1993)
Pestyt porkkanat	0,88 kJ/m <sup>2</sup>	1 °C, 50 vrk	UV-valo viritti paikallisesti vastustuskykyä varastotauteja ( <i>B. cinerea</i> ) vastaan. Koko porkkanan pinta tulisi käsitellä UV-valolla.	Mercier ym. (2000)
Porkkanakuutioid	UV-säteily 16 mW/cm <sup>2</sup> , 20 min, osassa myös TiO <sub>2</sub> fotokatalyyttinen reaktio	-	Aerobisten kokonaisbakteerien määrät vähenivät porkkanakuutioista 1,8 log pmy/g verran 20 min yhdistelmäkasittelyn jälkeen, pelkällä UV-valolla vähenemä oli 1,1 log pmy/g. Porkkanapalojen pinnalle lisätyn <i>Bacillus cereuksen</i> ja <i>Salmonellan</i> määrä väheni yhdistelmäkasittelyllä enemmän, <i>E. coli</i> vähemmän kuin yksin UV:lla.	Cho ym. (2007)

- Ei sisältynyt

**Taulukko 8** Laboratoriotutkimuksia korkean paineen vaikutuksesta porkkanan laatuun

Tutkittu porkkanamateriaali	Painekäsittely	Varastointi	Päätulos	Viite
Porkkanakuutiot	100-200 MPa, tehoaika 5-30 min, intervalli 5 min. Lämpötilaa ei mainittu.	-	Käsittely vaikutti porkkanan rakenteeseen.	Basak ja Ramaswamy (1998)
Porkkanasose	500 MPa ja 800 MPa, 5-10 min. Lämpötilaa ei mainittu.	-	Käsittely pienensi hieman aktioksidatiivista kapasiteettia ja karoteenin uuttumista.	Butz ym. (2002)
Kuoritut ja leikatut porkkanat	300 MPa, 400 MPa ja 500 MPa, 9-15 °C	2-5 °C, 5 vrk	Ennen käsittelyä kokonaismesofiilien, homeiden ja hiivojen sekä kokonaiskoli-formien määrät olivat 4-5 log pmy/g, 300 MPa käsittelyn jälkeen 0-1 log pmy/g; korkeammilla paineilla käsitellyistä ei todettu mikrobeja. Varastoinnin aikana mikrobien määräkasvot 7-8 pmy/g:aan (0 Pa), 4-5 log pmy/g:aan (300 MPa) ja 2 log pmy/g:aan (400 MPa); 500 MPa käsitellyistä ei todettu mikrobeja. <i>Listeria</i> ei todettu mistään näytteestä.	Opatova ym. (2003)
Porkkanakiekot	100 MPa, 200 MPa ja 300 MPa, max 39 °C, 30 min	-	Painekäsittely pehmensi porkkanaa ja muutti solurakennetta, mutta vaikutus biokemiallisiin ominaisuuksiin oli vähäinen.	Araya ym. (2007)
Porkkanakiekot	Pastörinti: 500 MPa, 16 min, 25 °C tai 20 min, 600 MPa, 45 °C Sterilointi: max 600 MPa, 117 °C.	-	Molemmat käsittelyt säilyttivät porkkanan kovuuden tai suurensivat sitä verrattuna pelkkään lämpökäsittelyyn. Käsittelyt vaikuttivat karoteenin käytettävyyteen.	Knockaert ym. (2011)

- Ei sisältynyt.

## LIITE 2. ERI HYGIENISOINTIMETELMIEN OMINAISUUKSIA

**Taulukko 1** Vähän prosessoiduille vihanneksille ja hedelmille käytettyjä kemiallisia hygienisointimenetelmiä.

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Kloori (hypokloriitti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alhaiset kustannukset</li> <li>- Helposti saatavilla</li> <li>- Pitkä käyttöhistoria ja paljon kokemuksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vapautuvat kloorihöyryt valmistusvaiheessa ja kloorin sivutuotteet aiheuttavat haitallisia terveysvaikutuksia</li> <li>- Tehoon vaikuttaa orgaanisen aineksen määrä</li> <li>- Syövyttävä</li> <li>- Aktiivisuus pH:sta riippuvainen</li> <li>- Herkkä lämpötilalle, valolle ja ilmalle</li> <li>- Kielletty joissakin Euroopan maissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuhoaa kohtalaisesti patogeeneja ja muita mikrobeja</li> <li>- Erittäin suurilla pitoisuuksillakaan ei voida poistaa kaikkia taudinaiheuttajia kasvituotteista</li> <li>- Jonkin verran kykyä vastustaa bakteeri-itiöitä ja alkueläimiä</li> </ul>	De Roever (1998), Brackett (1999), Burnett ja Beuchat (2000), Harris ym. (2003), Butot ym. (2007), Baert ym. (2011)
Klooridioksidi, vedessä	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurempi antimikrobinen tehokkuus neutraalissa pH:ssa kuin kloorilla</li> <li>- Teho vähemmän pH:sta riippuvainen klooriin verrattuna</li> <li>- Vähemmän vaarallisten sivutuotteiden muodostumista kuin kloorilla</li> <li>- Vähemmän syövyttävä kuin kloori ja otsoni</li> <li>- Voi viivästyttää tuotteiden kypsymistä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valmistettava paikan päällä</li> <li>- Räjähdysvaara</li> <li>- Ei sallittu leikatuille tuotteille Yhdysvalloissa, ei säädöksiä EU:ssa</li> <li>- Käsittelyn jälkeen vaaditaan huuhtelu talousvedellä</li> <li>- Muodostuu sivutuotteita, kuten kloriittia ja kloraattia</li> <li>- Edellyttää seuranta sisätiloissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alhaiset pitoisuudet eivät ole tehokkaita</li> <li>- Muutaman log:n vähentymisiä on raportoitu, kun on käytetty ko. mais-sa sallittuja pitoisuuksia</li> </ul>	Sanz ym. (2002), Baur ym. (2005), Beltrán ym. (2005), Ukuku (2006), Wei ym. (2007), Casteel ym. (2008), Vandekinderen ym. (2008)

**Taulukko 1** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Klooridioksidi, ClO <sub>2</sub> -kaasuna	- Tehokas laajalla pH-alueella - Suuri tunkeutumiskyky	- Hajoaa klooriksi ja hapeksi - Valmistetaan paikan päällä	- Tehoon vaikuttavat altistumisaika, lämpötila ja suhteellinen kosteus	Ks. klooridioksidikaasu
Hapan natriumkloriitti	- Tehokkaampi kuin hypokloriitti, koska alhainen pH	- Vähän tietoa käytössä muodostuvista sivutuotteista - Rajallinen määrä tutkimustietoa	- Estää tuotetuotteiden entsymaattista ruskistumista - Tuotteen käyttökelpoisuuden määrittäminen vaatii lisätutkimuksia	He ym. (2008), Allende ym. (2009), Luo ym. (2011)
Bromi	- Mahdolliset synergiaedut klooriyhdisteiden kanssa	- Tietoa puuttuu sivutuotteista ja mahdollisista terveysvaikutuksista	- Ei laajalti käytetty hygienisoinnissa	Beuchat (1998), Parish ym. (2003)
Jodi	- Vähemmän syövyttävä kuin kloori kylmässä lämpötilassa - Laajakirjoinen - Jodoforina vähemmän haihtuva kuin jodi	- Tahraa tavaroita ja laitteita - Syövyttävä yli 50 °C:ssa	- Aktiivisempi kasvullisia soluja kuin bakteeri-itiöitä vastaan	Parish ym. (2003), Ayala-Zavala ja Gustavo (2010)
Natriumfosfaatti	- Vähemmän syövyttävä kuin useimmat muut yhdisteet	- Ei ole tehokas <i>Listeriaa</i> vastaan - Erittäin korkea pH (11-12)	- 1-15 % pitoisuudet tuottaneet taudinaiheuttajien 0-6 log vähenemisen	Zhuang ja Beuchat (1996), Beuchat (1998), Weissinger ym. (2000)
Kvaternaariset ammoniumsuolayhdisteet	- Väritön, hajuton - Vakaa korkeassa lämpötilassa - Ei korroosiota - Hyvä läpäisevyyskyky - Suhteellisen vakaa orgaanisille yhdisteille	- Rajallinen hyödyllisyys alhaisessa pH:ssa (< 6) - Ei sovi yhteen saippuoiden ja anionisten pesuaineiden kanssa - Kallis	- Tehokkaampi sieniä ja gram-positiivisia bakteereita kuin gram-negatiivisia bakteereita vastaan (poikkeukset: <i>Salmonella</i> ja <i>E. coli</i> )	Reynolds (1991), Rossmore (2001), Parish ym. (2003)

**Taulukko 1** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Orgaaniset hapot (maitohappo, sitruuna- happo, etikkahappo, viinihappo tai askorbiini- happo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helppo käyttää</li> <li>- Taloudellinen, riippuu hapon tyypistä ja käytöstä</li> <li>- Ei myrkyllinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haitallinen vaikutus aistinvaraiseen laatuun</li> <li>- Suhteellisesti alhainen antimikrobiologinen teho</li> <li>- Alhainen pH</li> <li>- Antimikrobinen vaikutus riippuu hapon tyypistä ja mikro-organismien kannasta</li> <li>- Vaikuttaa jäteveden laatuun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Merkittävien mikrobimäärien vähennysten saavuttamiseen tarvitaan pitkä vaikutusaika (5-15 min)</li> </ul>	Benarde ym. (1965), Francis O'Beirne (2002), Singh ym. (2002), Zhong ym. (2006), Fu ym. (2007)
Vetyperoksidi (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei haitallisia sivutuotteita</li> <li>- Ei jäämiä tuotteeseen</li> <li>- Ei syövyttävä alhaisilla pitoisuuksilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fytotoksisuus joillakin tuotteilla kuten salaateilla ja marjoilla</li> <li>- Heikentää yleistä laatua</li> <li>- Alhainen antimikrobinen tehokkuus</li> <li>- Alhainen tehokkuus hiivoja, sieniä ja viruksia vastaan</li> <li>- Vaatii H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-jäämien poistamista käsittelyn jälkeen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pienillä pitoisuuksilla (1-2 %) ei tehokas vähentämään patogeenisten bakteerien lukumäärää tuoretuotteissa</li> <li>- Suurilla pitoisuuksilla (4-5 %) heikentää yleistä tuotteen laatua</li> </ul>	Hwang ym. (2001), Akbas ja Olmez (2007), Olmez ja Kretzschmar (2009), Alexandre ym. (2012a),
Peretikkahappo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei haitallisia sivutuotteita</li> <li>- Teho ei vaikuta veden orgaaniseen kuormitukseen Tehokkuuteen vaikuttavat lämpötilan muutokset</li> <li>- Hyvät antimikrobiset ominaisuudet alhaisessa lämpötilassa pH-alueella 5-8</li> <li>- Ei syövyttävä &lt; 80 ppm pitoisuuksilla</li> <li>- Tehokkaampi kuin kloori tai kloorikaasu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alhainen antimikrobinen teho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurikaan pitoisuus pesuvedessä ei riitä merkittävästi vähentämään mikrobien määriä tuoreissa hedelmissä ja vihanneksissa</li> </ul>	Sapers ja Jones (2006), Sapers (2009), Vandeinderen ym. (2009a)



**Taulukko 1** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Kalsiumpohjaiset liuokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voidaan merkittävästi lisätä lopputuotteen kalsiumpitoisuutta</li> <li>- Viivästyttää vanhenemista tai hedelmien ja vihannesten kypsymistä</li> <li>- Vähentää sadonkorjuun jälkeistä lahoamista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Katkera maku, sivumaut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rajoitettu teho</li> <li>- Kalsiumlaktaatti on vähentänyt mikrobeja tuoreleikatuista salaa-teista ja porkkanoista vastaavassa määrin kuin kloori</li> </ul>	Kitis (2004), Ölmez ja Kretzschmar (2009)
Otsoni, vesiliuoksessa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suuri antimikrobinen aktiivisuus</li> <li>- Tehokas pieninä pitoisuuksina ja lyhyinä vaikutusaikoina</li> <li>- Laajakirjoinen</li> <li>- Hyvä läpäisevyyskyky</li> <li>- Tehokkuudesta alkueläimiä vastaan löytyy mainintoja</li> <li>- Yleisesti tunnustettu turvallisesti</li> <li>- Ei vaarallisia sivutuotteita</li> <li>- Ei jätä vaarallisia jäämiä elintarvikkeeseen</li> <li>- Alhaiset käyttökustannukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuotteen maku ja väri voivat heiketä</li> <li>- Voi aiheuttaa tuotteelle fysiologisia vahinkoja ja vähentää antioksidanttiaineiden määrää</li> <li>- Epävakaa, erittäin reaktiivinen</li> <li>- Mahdolliset myrkylliset vaikutukset ihmiselle käyttötiloissa</li> <li>- Edellyttää seurantaa sisätiloissa</li> <li>- Valmistettava paikan päällä</li> <li>- Suuret investointikustannukset</li> <li>- Syövyttää laitteita; ruostumattoman teräksen korroosipotentiaali kasvaa yli 1 ppm otsonipitoisuudella.</li> <li>- Useimmat pintamateriaalit kestävät 1-3 ppm otsonia</li> <li>- Suuren otsonipitoisuuden liuottaminen on kallista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehoaa eri sadonkorjuun jälkeisiin patogeeneihin</li> </ul>	Conway ym. (1992), Picchioni ym. (1996), Martin-Diana ym. (2005), Anino ym. (2006), Pascual ym. (2007) Alexandre ym. (2011a), Alexandre ym. (2011b)

**Taulukko 1** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Otsoni, kaasumaisena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurempi antimikrobinen aktiivisuus kuin liuoksella</li> <li>- Tehoaa pilaaja- ja patogeenisia mikro-organismeja vastaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otsonikaasu on vaarallista, joten se on kerättävä talteen ja hävitettävä</li> <li>- Myrkyllinen ja reaktiivinen</li> <li>- Voi vahingoittaa kasvisolukkoa</li> <li>- Tuotteen laadussa voi tapahtua muutoksia</li> <li>- Otsonivuodon havaitsemiseksi tarvitaan valvontaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehokkaampi kuin nestemäisessä muodossa</li> </ul>	Katso otsoni vesiliuoksessa
Elektrolysoitu vesi (EW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sisältää sekoituksen epäorgaanisia hapettimia, kuten HClO, OCl<sup>-</sup>, Cl<sub>2</sub>, OH ja O<sub>3</sub>, jotka ovat tehokkaita inaktivoimaan erilaisia mikro-organismeja</li> <li>- Neutraloi haitallisia aineita, kuten syanidia ja ammoniumia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heikentää tuoretuotteiden laatua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voimakas bakterisidinen vaikutus patogeenisille ja pilaantumista aiheuttaville mikro-organismeille prosessoimattomissa vihanneksissa</li> </ul>	Venkitanarayanan ym. (1999), Len ym. (2000), Yang ym. (2003), Guzel Seydim ym. (2004), Karaca ja Velioglu (2007), Habibi Haddad (2009)

**Taulukko 2** Vihanneksille ja hedelmille käytettyjä fysikaalisia hygienisointimenetelmiä

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Suojakaasupakkaukset (MAP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pidentää tuoretuotteiden säilyvyyttä 50–400 %</li> <li>- Yleisesti tuoreleikatut tuotteet sietävät korkeampia CO<sub>2</sub>-pitoisuuksia kuin käsittelemättömät</li> <li>- Vähentää taloudellisia tappioita</li> <li>- Hajuton ja kätevä pakkaus</li> <li>- Suljetut pakkaukset voivat estää tuotteen uudelleen kontaminoitumisen</li> <li>- Kypsyminen hidastuu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usein korkean CO<sub>2</sub>-pitoisuuden tuottamisen seurauksena kehittyy sivumakuja ja mahdollisten taudinaiheuttajien kasvu saattaa tehostua</li> <li>- Lämpötilan valvonta välttämätön</li> <li>- Eri kaasukoostumukset, pakkausmateriaalit ja lämpötilat eri tuotetyypeille ja eri patogeeneja vastaan</li> <li>- Muovikalvot voivat olla ympäristön kannalta haitallisia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehokas tuoreiden ja jalostettujen vihannesten laadun säilyttämisessä</li> <li>- Vähentää sadonkorjuun jälkeisten tautien esiintyvyyksiä useilla hedelmillä ja vihanneksilla</li> </ul>	Kim ym. (2000), Cliffe Byrnes ja O'Beirne (2002), Saltveit (2003), Rico ym. (2008), Cui ym. (2009), Graça ym. (2011), Arvanitoyannis (2012)
Aktiiviset ja älykkäät elintarvikepakkaukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elintarvikkeiden turvallisuus paranee</li> <li>- Viivästyttää hapettumista</li> <li>- Lämpötilan valvonta kuljetuksissa</li> <li>- Hengityksen, mikrobien kasvun ja kosteuden valvonta</li> <li>- Voidaan käyttää aktiivisen pakkausmenetelmän tehokkuuden ja koskemattomuuden tarkastamiseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaikea arvioida turvallisuutta verrattuna perinteiseen pakkaukseen</li> <li>- Aineet voivat kulkeutua pakkauksista elintarvikkeeseen</li> <li>- Virheellinen pakkauksien käyttö johtuu riittämättömistä merkinnöistä</li> <li>- Ei yhdenmukaista kansainvälistä lainsäädäntöä</li> <li>- Merkintöjä koskevat vaatimukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehokas tuotteen säilyvyyden parantamiseksi</li> <li>- Valvoo pakatun tuotteen turvallisuutta ja eheyttä</li> </ul>	Yam ym. (2005), Kerry ym. (2006), Dainelli ym. (2008)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Nanokomposiittipakkaukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mekaaniset pakkauksen ominaisuudet, esim. lujuus, kimmokerroin ja mitapysyvyys, parantuvat</li> <li>- Alhainen kaasujen, veden ja hiilivetyjen läpäisevyys</li> <li>- Lämmönkestävyys</li> <li>- Kemiallinen kestävyys</li> <li>- Sähkönjohtavuus</li> <li>- Optinen kirkkaus verrattuna perinteisiin polymeereihin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurentunut viskositeetti</li> <li>- Niukasti tietoa koostumuksesta, rakenteesta ja ominaisuuksista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tietoa tarvitaan lisää, kehitystyö käynnissä</li> </ul>	De Azeredo (2009), de Azeredo (2013)
Ultraviolettilvalo (UV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei jäännöstoksisuutta</li> <li>- Laitteet suhteellisen halpoja ja helppoja käyttää</li> <li>- Voi vähentää tuotteen huononemista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esikäsittely tavallisesti välttämätöntä</li> <li>- Vaikeuksia mitata tarkasti UV-annosta</li> <li>- Lisää tuotteen stressiä ja hengitystä</li> <li>- Alhainen läpäisevyys</li> <li>- Rajoitettu soveltuvuus kiinteille elintarvikkeille ja läpinäkymättömille pinnoille</li> <li>- Voi aiheuttaa sivumakuja ja värin muutoksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vähentää tehokkaasti pieneliöstön kasvua hedelmissä ja vihanneksissa</li> <li>- Pieneliöitä tappava UV-C- alueella</li> </ul>	Ohlsson ja Bengtsson (2002), Alexandre ym. (2012c), Neves ym. (2012)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Pulssivalo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nopea ja tehokas mikrobien inaktivaatioon kiinteissä ja nestemäisissä elintarvikkeissa</li> <li>- Kustannukset keskitasoa</li> <li>- Alhainen energiankulutus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elintarvikkeen koostumus vaikuttaa tehoon</li> <li>- Teho pienenee, jos suuri kontaminaatio</li> <li>- Mahdollinen vastustuskyky joillekin mikro-organismeille</li> <li>- Mahdolliset haitalliset kemialliset vaikutukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inaktivoi pilaantumista ja patogeenisia mikro-organismeja</li> </ul>	Guerrero Beltrán ym. (2005), Gómez-López ym. (2007), Choi ym. (2010), Oms-Oliu ym. (2010)
Korkeapainekäsittely	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikrobien ja entsyymien inaktivointi</li> <li>- Ei maun ja ravintoaineiden heikkenemistä</li> <li>- Myrkyllisyydestä ei todisteita</li> <li>- Yhdenmukainen käsittely läpi elintarvikkeen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kalliit laitteet</li> <li>- Elintarvikkeissa pitäisi olla n. 40 % vettä antimikrobisen vaikutuksen aikaansaamiseksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehokas inaktivoimaan useimmat kasvulliset patogeenit ja pilaantumista aiheuttavat mikro-organismit käytettäessä yli 200 MPa:n painetta</li> </ul>	Guerrero Beltrán ym. (2005), Considine ym. (2008), Chawla ym. (2011)
Ultraääni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parantaa liuoksen läpikärsä saavuttamattomiin kohtiin</li> <li>- Lämmönsiirtokyky suurenee</li> <li>- Prosessiaika lyhenee, prosessilämpötila alenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On yhdistettävä muihin prosesseihin, jotta olisi tehokas</li> <li>- Muutoksia elintarvikkeiden rakentamiseen ja koostumukseen</li> <li>- Tunkeutumiseen vaikuttavat tuotteen kiinto-aine ja ilma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehokas yleisiä elintarvikeperäisiä taudinaiheuttajabakteereja vastaan</li> <li>- Tehoaa myös vegetatiivisiin soluihin, itiöihin ja entsyymeihin</li> </ul>	Cao ym. (2010), Chemat ym. (2011), Sagong ym. (2011), Alexandre ym. (2012b), Mukhopadhyay ja Ramaswamy (2012)

**Taulukko 2** (jatkoa)

Menetelmä	Edut	Rajoitukset	Tehokkuus	Viitteet
Kylmä plasma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suuri hyötysuhde</li> <li>- Vähäinen vaikutus tuotteen sisäiseen matriisiin</li> <li>- Ei jäämiä</li> <li>- Resurssitehokas</li> <li>- Voidaan käyttää vihanneksien kudosten pinnoilla</li> <li>- Voisi olla osana pakkaamisprosessia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niukasti tietoa inaktivointimekanismeista</li> <li>- Fysikaalis-kemiallisia muutoksia saatetaan esiintyä tuotteessa</li> <li>- Inaktivaatioon vaikuttavat mikro-organismien tyyppi, solujen määrä, käytetty kaasuseos, kaasun virtaus ja solujen fysiologinen tila</li> <li>- Niukasti tietoja elintarvikkeiden ja pakkausmateriaalien yhteisvaikutuksesta</li> <li>- Niukasti tietoja plasman stabiilisudesta laajamittaisessa käytössä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saavutettu seuraavat 1,5-3,7 log pmy/cm<sup>2</sup> inaktivaatit (<i>E. coli</i> O157: H7, <i>Salmonella</i>, <i>S. aureus</i> ja <i>L. monocytogenes</i>)</li> </ul>	Perni ym. (2008), Knorr ym. (2011), Critzer ja Doyle (2010), Bermúdez Aguirre ym. (2013), Fernández ym. (2013), Fernández ja Thompson (2012), Surowsky ym. (2013)

## LIITE 3. KASVIKSET RUOKAMYRKYTYKSIEN AIHEUTTAJINA



Kuva: Risto Kuisma

Kirjoittajat: Risto Kuisma ja Hanna-Riitta Kymäläinen

### Kasvikset ruokamyrkytyksien aiheuttajina

*Suomessa rekisteröidään Eviran mukaan vuosittain 20–70 elintarvikeperäistä ruokamyrkytystä, joissa sairastuu noin 500–2000 ihmistä. Esimerkiksi vuonna 2010 noin 920 henkilön ilmoitettiin sairastuneen elintarvikkeiden välityksellä ja noin 40 henkilön talousveden välityksellä. Useimmat epidemiat saavat alkunsa joukkoruokailusta esimerkiksi sukujuhlissa, ravintoloissa, hotelleissa tai työpaikoilla. Kasviksista johtuvien ruokamyrkytysten määrä on moninkertaistunut 2000-luvulla.*

Elintarvike- ja/tai vesivälitteisestä sairastumisesta käytetään nimitystä ruokamyrkytys. Ruokamyrkytysepidemiasta on kyse, kun kaksi tai useampi henkilö on nauttinut samaa tartunnan lähdettä – ruokaa tai vettä. Kasviksista johtuvien ruokamyrkytysten määrä on kasvanut viimeisen vuosikymmenen aikana. Noin kolmanneksessa raportoiduista ruokamyr-

kytyssepidemioista välittäjäelintarviketta ei pystytty osoittamaan tai tartunnan lähteeksi epäillään useampaa kuin yhtä elintarviketta. Ruokamyrkytyksen oireet, kuten pahoinvointi, ripuli ja kuume, ilmenevät yleensä vuorokaudessa, kampylobakteerin ja salmonellan kohdalla parin päivän kuluessa saastuneen ruoan tai veden nauttimisesta. Oireet menevät yleensä melko nopeasti ohi, mutta ruokamyrkytykset ja niihin liittyvät jälkitaudit saattavat olla vakavia vanhuk- sille, sairaille, alle kouluikäisille lapsille, raskaana oleville naisille ja niille, joilla on sairauden vuoksi alentunut vastustuskyky. Riskiryhmiin kuuluu tällä perusteella joka viides suomalainen.

Ruokamyrkytyssepidemioiden ja niissä sairastuneiden todellisen määrän selvittäminen on usein haasteellista. Usein epidemialle todetaankin useita todennäköisiä tai mahdollisia syitä, mutta ruokamyrkytyksen tarkkaa alkulähdettä ei aina saada selville. Eri maissa on erilaisia viranomaiskäytäntöjä ruokamyrkytysten selvittämisessä ja tilastoinnissa. Jäsenmaat on Euroopan Unionissa vuodesta 2004 lähtien velvoitettu keräämään tietoja ruokamyrkytyssepidemioista (Directive 2003/99/EC). EFSA:n mukaan Euroopassa raportoidaan vuosittain yli 320 000 elintarvikeperäistä sairastumis-

ta, mutta todellisen määrän epäillään olevan paljon suurempi. EFSA:n vuosien 2004–2010 yhteenvetoraporttien mukaan Euroopassa tilastoidaan keskimäärin 5 682 ruokamyrkytys-epidemiaepäilyä vuodessa. Sairastuneita on noin 46 000, joista sairaalahoitoon joutuu hieman yli 4 800 ja noin 30 kuolee vuosittain. Viimeisimpien EFSA:n raporttoimien tietojen mukaan epidemiatautitapaukset, niissä sairastuneiden ja sairaalahoitoon joutuneiden määrät ovat kokonaisuutena pienentyneet. Kansainvälisten selvitysten perusteella viranomaisten tietoon arvioidaan kuitenkin tulevan vain noin 1–10 % epidemioista.

Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksella tehdään kirjallisuuskatsausta Suomessa yleisesti käytetyistä tuorekasviksista. Työ on osa MTT:n koordinoimaa TUO-PRO -hanketta, joka on esitelty tarkemmin tämän lehden toisessa kirjoituksessa. Kirjallisuuskatsauksen alkuvaiheessa on selvitetty kasviksiin liittyneitä ruokamyrkytys-epidemioita, joita on koottuna taulukossa 1. Patogeenit on esitetty taulukossa pääasiassa sukutasolla. Kasvis voi olla tuontitavaraa, joten epidemian ilmenemis-maa ei tarkoita aina maata, johon epidemian syy jäljitetään. Esimerkiksi ituepidemioista osa ilmenee samaan aikaan useassa maassa, jos ituja on tuotettu samasta, usein ulkomailta hankitusta siemenestä.

### **Ruokamyrkytysten välittäjäelintarvikkeet**

Ruokamyrkytysten välittäjäelintarvikkeena olivat vuonna 2010 EFSA:n tilastojen mukaan Euroopassa 8,7 %:ssa tapauksista vihannekset, vihannesmehut ja -valmisteet, kun vuonna 2009 vastaava osuus oli vain 2,1 %. Kasvien todennettu osuus oli Suomessa vuosina 2005–2009 ruokamyrkytysten välittäjäelintarvikkeina 8–55 % välillä. Ruokamyrkytyksen aiheuttaja pystytään Suomessa tunnistamaan noin puolessa tapauksista. Norovirus on Suomessa yleisin elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden aiheuttaja. Esimerkiksi vuonna 2010 norovirus aiheutti kolmanneksen elintarvikevälitteisistä epidemioista. Tyypilliset ruokamyr-

kytysbakteerit eivät kuitenkaan ole vedellä ja kaikilla kasviksilla samoja ja vaihtelua on maittain. Kasviksista ainakin ulkomaiset pakastemarjat, pilkotut tai raastetut koti- ja ulkomaiset salaattit, porkkanat, punajuuret, kaali, sipuli ja idut ovat olleet Suomessa epidemian välittäjäelintarvikkeita tai niitä on epäilty tällaisiksi.

### **Lämpötilojen hallinta tärkeää**

Ruokamyrkytyksen aiheuttajamikrobi on päässyt tyypillisesti lisääntymään liiallisesti ruoassa esimerkiksi puutteellisen kuumennuksen, hitaan jäähtymisen tai pitkän säilytyksen takia. Evidenssiin liittyvät yleensä saastuneiden raaka-aineiden käyttöön, mutta kontaminaatio voi siirtyä kasvikseen myös ruoanlaittajasta, ruoanvalmistusvälineistä tai vedestä. Jos kasviksia paloitellaan välillä, joihin on esimerkiksi raa'asta lihasta jäänyt bakteereita, ja säilytetään sen jälkeen lämpimässä ja kostutettuina esimerkiksi majoneesipohjaisella salaattikastikkeella, ruokamyrkytyksen riski on olemassa.

Yleisesti ottaen kokonaiset, ehjät vihannekset ovat varsin hyvin suojassa erilaisilta pilaaja- ja taudinaiheuttajabakteereilta kuoren ansiosta. Monivaiheinen käsittely sen sijaan lisää bakteerikasvun ja -tartunnan vaaraa, sillä kuoriminen ja pilkkominen tuhoavat vihanneksia suojaavan pinnan ja rikkovat solurakenteita. Teollisuudessa pyritään valitsemaan prosessitekniikoita, jotka takaisivat elintarvikkeen laadun ja turvallisuuden. Keinoja ovat esimerkiksi tuotantotilojen suunnittelu, hyvä tuotantohygienia, henkilöhygienia, terävät leikkuuvälineet, kasvien peseminen ja myös erilaiset veden (ja etenkin kansainvälisesti katsoen myös kasvien) hygienisointikäsitteyt. Patogeeni voi kuitenkin olla kasviksen sisällä, jolloin sitä ei saada tuotantovaiheessa poistettua. Jo maataloilla ja alkutuotannossa laatu- ja hygienianäkökulmaan tulee suhtautua vakavasti. Kuljetuksissa, varastoinnissa, kaupassa, suurkeittiöissä ja kodeissa tulee toimia hygieenisesti ja käyttää oikeita käsittely- ja säilytysmene-



Taulukko 1. Kirjallisuuskatsaukseen valittujen välittäjäelintarvikkeisiin liittyviä epidemioita.

Välittäjäelintarvike (tuorekasvis)	Kasviksen yleisyys epidemian välittäjänä	Yleisimmät patogeenit lähinnä sukutasolla	Maat, joissa epidemioita on esiintynyt	Tyypillisiä tai todennäköisiä epidemian syitä	Vuosikymmen, jolta raportoituja tapauksia
Idut	Erittäin yleinen kansainvälisesti	<i>Salmonella</i> , EHEC, harvemmin <i>Yersinia</i> ja <i>Bacillus cereus</i>	USA, Kanada, Japani, Hollanti, Suomi, Ruotsi, Norja, Tanska, Englanti, Wales, Itävalta, Saksa, Ranska	Saastunut siemen, lanta, kasteluvesi, puutteellinen tuotantohygienia	1980-, 1990-, 2000- ja 2010-luvut
Salaatti	Erittäin yleinen kansainvälisesti	<i>Shigella</i> , EHEC, ETEC, norovirus, <i>Salmonella</i> , kampylobakteeri, hepatiitti, <i>Yersinia</i>	USA, Skotlanti, Kanada, Iso-Britannia, Hollanti, Saksa, Ruotsi, Tanska, Norja, Suomi, Islanti	Kasteluvesi, viljelytila, ruuan käsittelijä, korkea käsittelytilan lämpötila, huono laitehygienia, ristikontaminaatio lihasta tai kanasta, pilaantunut salaatti	1980-, 1990-, 2000- ja 2010-luvut
Tomaatti	Erittäin yleinen	<i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , hepatiitti	USA, Kanada	Kasteluvesi, lanta, pakkaajan huono laitehygienia, ylikypsät tomaatit, puoliksi kuivatut tomaatit	1990- ja 2000-luvut
Kurkku	Melko harvinainen	Kampylobakteeri, EHEC	Australia, Belgia	Salaatin valmistus	1990- ja 2000-luvut
Paprika	Hyvin harvinainen	-	-	Ei vahvistettuja tapauksia	-
Kaali	Melko harvinainen	<i>Vibrio cholera</i> , <i>Listeria</i>	Peru, Kanada, USA	Saastunut vesi, lannan saastuttaman pellot	1980- ja 1990-luvut
Lanttu	Hyvin harvinainen	(Norovirus)	Suomi	Lanttu ei välttämättä viruksen alkuperäinen lähde	2000-luku
Punajuuri (raaka raaste)	Melko harvinainen	<i>Bacillus licheniformis</i>	Suomi	Epäselvä	2000- ja 2010-luvut
Porkkana	Kansainvälisesti melko harvinainen	<i>Yersinia</i> , <i>E. coli</i> , myös mm. <i>Shigella</i> , norovirus	Suomi, USA, Havaiji (lentokone)	Pelto, kasteluvesi, villieläimet, puutteellinen varastointi- ja tuotantohygienia	2000-luku

telmiä. Elintarviketurvallisuusselonteon 2013–2017 luonnoksessa todetaan, että oma-valvonta maksaa Eviran arvion mukaan elintarvikealan toimijoille noin 188 miljoonaa euroa vuodessa, josta kunnallisen elintarvikevalvonnan kustannukset ovat noin 26 miljoonaa euroa vuodessa. Korkean elin-

tarviketurvallisuuden ylläpito on silti kannattavaa, kun asiaa tarkastellaan ihmisten sairastumisen ja suomalaisen elintarviketietojen kilpailuedun näkökulmasta. Hyvät hygienia-käytännöt ovat tarpeen niin alkutuotannossa, kasvien käsittelytiloissa kuin keittiöissäkin. ■

## LIITE 4. KOTIMAISIA KASVISALAN HANKKEITA (LÄHDE: HANKEHAAVI)

Hankkeen nimi	Ajankohta/ vuosi	Tekijätaho
Lasinalaisvihannesten tuhoeläinten biologinen torjunta	1971–1991	MTT
Punajuurikkaan, lantun, porkkanan ja palsternakan lajikekokeet	1977–1987	MTT
Kurpitsan ja avomaankurkun lajikekokeet	1981–1987	MTT
Taimikasvatustutkimus purjolla, salaattilla, sellerillä, kerä- ja kukkakaalilla	1984–1988	MTT
Kasvitautilien levinneisyyden ja runsauden seuranta - öljykasvit, peruna, hedelmät, marjat ja vihannekset	1984–1988	MTT
Kasvihuonesalaatin lajiketutkimus	1985–1988	MTT
Tomaatin taimi- ja kasvualustatutkimus	1985–1988	MTT
Kasvihuonetomaatin lajiketutkimus	1985–1988	MTT
MTT:n marja- ja vihannesprojekti	1987–1989	MTT
Kasvihuonevihannesten lajiketutkimus	1988–1991	MTT
Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun	1988–1991	MTT
Kasvihuonevihannesten viljelymenetelmä- ja laatu-tutkimus	1988–1991	MTT
Kasvihuoneviljelytöiden rationalisointitutkimus	1988–1991	MTT
Punajuuren ja sipulin lannoitus	1989–1994	MTT
Kasvitautilien levinneisyyden ja runsauden seuranta ja kasvinsuojeluohjaus	1989–1995	MTT
Avomaan vihannesten tuotantotekniikka	1989–1995	MTT
Maan fysikaalisten ominaisuuksien vaikutus porkkanan kasvuun	1989–1994	Helsingin yliopisto, MTT
Maan fysikaalisten ominaisuuksien vaikutus porkkanan kasvuun	1989–2000	Helsingin yliopisto,
Avomaanvihannesten viljelytekniikka	1991–1993	MTT
Raakojen, kuorittujen ja paloiteltujen kasvien prosessointi, pakkaaminen ja ravitsemuksellinen laatu	1991–1993	MTT, VTT
Kemikaaliton rikkakasvien torjunta	1992–1994	MTT
Integroidun vihannesviljelyn kasvitutkimus	1992–1997	MTT
Prosessoinnin vaikutus vihannesten ja pastan ravintokuitupitoisuuksiin	1992–1997	MTT
Avomaanvihannesten integroitu kasvinsuojelu	1992–1999	MTT
Kasvien sisäiseen laatuun vaikuttavat tekijät ja varastointitutkimukset	1993–1998	MTT
Tyypin hyväksikäyttö avomaan vihannesviljelyssä	1993–1999	MTT
Pestyn ja turvetetun perunan ja porkkanan laatu	1994–1995	MTT
Herbisidien käytön vähentäminen vihannesviljelyssä	1994–1997	MTT
Kotimaisten eloperäisten aineiden käyttö kasvihuoneviljelyssä	1994–1997	MTT
Ruukkusalaatin nitraattipitoisuus-ravinteiden annon lopettaminen viljelykauden lopulla	1995	MTT
Erilaisten turvekasvialustojen ja kastelumenetelmien vaikutus tomaatin ja kasvihuonekurkun kasvuun ja satoon sekä ravinteiden huuhtoutumiseen	1995	MTT
Kasvu-Yty -komposti vihannesviljelyssä	1995–1996	MTT
Laajamittaiseen vihannesviljelyyn soveltuvan kemikaalittoman rikkakasvitorjunnan kehittäminen	1995–1997	MTT

Hankkeen nimi	Ajankohta/ vuosi	Tekijätaho
Luomuporkkanoiden lajikekoe	1996–1997	MTT
Luonnonmukaisen kasvihuoneviljelytekniikan kehittäminen	1995–1997	MTT
Typen huuhtoutuminen luonnonmukaisesti viljellyiltä vihannestiloilta	1996–1997	MTT
Sipulin viljelyn taloudellisuuden parantaminen eri lisäysmateriaaleja käyttäen	1996–1998	MTT
Avomaavihannesten tuotantotekniikka	1996–2004	MTT
Puutarhakasvien viljelyolojen hallinta ja säätö kasvihuoneissa ja pellolla	1996–2006	MTT
Kasvihuonekurkun lajikekokeet	1997	MTT
Tomaatin terttutuki	1997	MTT
Tuholais- ja tautitarkkailun kehittäminen Satakunnassa	1997–1998	MTT
Olosuhteiden hallinta ja kasvifysiologia hiililannoituksessa	1997–1999	MTT
Kasvihuonevihannesten hyvät viljelymenetelmät	1997–1999	MTT
Uusien vihannesviljelyyn sopivien lajien kartoittaminen	1997–2000	MTT
Elintarviketeollisuuden laatuvaatimukset luonnonmukaisesti tuotetuille kasviksille ja marjoille	1997–2000	HY
Kasvien terveydelle positiiviset yhdisteet ja niiden säilyvyys elintarvikkeiden prosessoinnissa	1997–2001	MTT
Suljettu kastelujärjestelmä ja tomaatti	1997–2000	MTT
Mallitettu avomaakasvien viljely puutarhatuotannossa	1998–2002	MTT
Kasvintuotannon ennustepalvelut	1998–2001	MTT
Raakojen kasvisvalmisteiden laadun ja turvallisuuden hallinta uusilla menetelmillä	2000–2002	MTT
Ruohosipulin viljelyn edistäminen	2000–2002	MTT
Lajikekoeyhteistyö Martensin Puutarhasäätiön kanssa - Sortförsökssamarbete med Martens Trädgårdsstiftelse	2000–2007	MTT
Valttikorttina luomuvihannekset	2001–2004	MTT, Helsingin yliopisto, Pro Agria
Vihanneslajikkeiden monimuotoisuus vahvuudeksi	2002–2004	MTT
Luomukasvien tuotanto teollisuudelle	2000–2004	
Jäähdytysveden käyttö kylmänarkojen kasvien viljelyssä	2002–2004	MTT
Kasvien varastoinnin ja jatkojalostustoiminnan kehittäminen	2002–2005	Helsingin yliopisto
Maaseutuyritysten vesitalous ja elintarviketurvallisuus	2002–2004	Mikkelin kaupunki Ympäristöpalvelut
Kasvihuonevihannesten yhteyttämisen tehostaminen ympärivuotisessa tuotannossa	2002–2006	MTT
Uudet entsyymiavusteiset kuorintamenetelmät	2001–2003	VTT
Etelä-Savon kasvihuonevihannestuotannon kehittäminen	2003–2005	Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Mikkeli
Laadun ja riskien hallinta laajenevilla vihannestiloilla	2004–2006	MTT
Peruna- ja vihanneskuorimon jätteet ja jätevedet	2004–2006	MTT
Laadun ja riskien hallinta laajenevilla vihannestiloilla	2004–2006	MTT
Maasta markkinoille	2004–2006	MTT
Vihanneshanke 2004 - 2006	2004–2006	MTT, HY
Vihannesten lajikevalinta käyttötarkoituksen mukaan	2004–2007	MTT

Hankkeen nimi	Ajankohta/ vuosi	Tekijätaho
Suljetun kasvihuonejärjestelmän kehittäminen ja kasvien tuotantotehokkuus korkeissa säteilytasoissa	2005–2006	MTT
Vihannesten kuluttajalaadun parantaminen - esimerkkinä porkkana	2005–2008	MTT
Tapaturmariskien hallinta perunan ja avomaavihannesten tuotannossa	2005–2009	MTT
Vihannesjätteen käsittelyteknologiat	2006–2009	MTT
Uudet tuotanto- ja älypakkaustekniikat kasvihuonekurkun ja –tomaatin laadun ja säilyvyyden parantajana	2006 -	Helsingin yliopisto
Älykäs kasvihuone ja älyviljely	2007–2014	MTT
Kasvinsuojelun erityiskysymykset tekovalotetuissa kasvihuonekasvustoissa	2008–2010	MTT
Vihannesketjun kehittäminen	2008–2010	Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti
Kasvisklusteri	2008–2011	Pyhäjärvi-instituutti
Laatutarha III, Auditointijärjestelmien kehittäminen erityisesti pakkaamoyrityksille ja puutarha-alan laatu-työstä tiedottaminen	2009	Kotimaiset Kasvikset ry
Käytännönläheistä opastusta kasvisalan tuottajaorganisaatioille	2009–2010	Puutarhaliitto
Porkkanan tuotanto 2010-luvulle: parempaa laatua, vähemmän jätettä	2009–2011	MTT
Vihannestilojen kannattavuuden kehittäminen tautien ja lannoituksen hallinnalla	2009–2011	Ruralia-instituutti, MTT
Uutta vipuvoimaa kasvi- ja puutarhatuotantoon Etelä-Pohjanmaalla	2009–2012	Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Mikkeli
Tuorevihannesten hygieniä - raaka-aine, vesi, jätteet	2009–2012	MTT, Helsingin yliopisto
GREENHOUSECARBON Hiilijalanjälilaskuri kasvihuone- netuotannolle	2011–2013	MTT, Kauppapuutarhaliitto ry, Svenska lantbruks- producenternas centralförbund SLC rf
Puutarhaviljelyn IPM -testipenkki ja integroidun torjunnan kehittäminen direktiivin 2009/128 EY kansallisen toimintasuunnitelman (NAP) mukaisesti	2011–2014	MTT, SYKE
Vihanneskoulutus IPM (Käytetään Satakunnassa nimeä "Varjellen Viljelty")	2011–2014	MTT
Tuorekasvien turvallisuuden parantaminen	2012–2014	MTT, Helsingin yliopisto, Ruralia- instituutti, Mamk, Pro Agria
Luomu- ja IP-kasvistuotannon kehittäminen	2012–2015	Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, MTT
Suomalainen kannattava ja voimistuva luomupuutarhatuotanto	2013–2016	MTT, Ruralia- instituutti
Vihannesten ja marjakasvien tasapainoinen N- ja P-lannoitus ja ravinnepäästöjen vähentäminen PuutarhaNP	2014–2017	MTT

ISBN 978-952-10-8904-6 (PDF)

ISSN 1798-744X (PDF)

ISSN-L 1798-7407

Sähköinen julkaisu osoitteessa <http://hdl.handle.net/10138/153124>

© 2015 Tekijät, Helsinki

Unigrafia  
Helsinki 2015